Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de l'Association Française
pour l'Avancement des Sciences

T. LX — Nos 11-12 — 1953

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

ÉCHOS DE L'ACTUALITÉ MATHÉMATIQUE

Quelques-uns des ouvrages récemment adressés à la Revue méritent d'être situés dans les courants de l'activité contemporaine. Ai-je besoin de dire qu'ils en donnent seulement des exemples ? Il serait injuste d'oublier, qu'à côté de ces livres, il y en a d'autres parmi lesquels je citerai :

T. Nagel. *Introduction to number theory*, Wiley, 1951.

Kuratowski. *Topologie* (t. I et II, 1948 et 1950), Warszawa, Monografie matematyczne.

Halmos. *Introduction to Hilbert Space and the theory of spectral multiplicity*, Chelsea, New-York, 1951.

F. Riesz et B. Sz. Nagy. *Leçons d'analyse fonctionnelle*. Budapest, 1952.

Il nous sera facile d'être plus complets dans nos revues d'ouvrages, quand l'opportunité de nous aider sera comprise par les éditeurs étrangers.

Voici maintenant les indications annoncées, réparties suivant les branches auxquelles se rattachent les livres afférents.

a) Principes des mathématiques. — Le Centre National de la Recherche Scientifique y consacre le trente-sixième volume de la série : Colloques internationaux. Ce fascicule est intitulé :

Les méthodes formelles en axiomatique (Ec. norm. sup., Paris, 1950). Il vient bien à point dans un pays où l'enseignement de la logique en est encore à ses premiers tâtonnements : les livres parus jusqu'ici ne donnent guère que certains aspects de la question, et il n'existe pas, en langue française, un traité digne de ce nom. Ici, les exposés succes-

sifs viennent bien à point pour faire réfléchir les auteurs capables d'entreprendre une telle synthèse. Ceux de E. W. Beth (sur le parallélisme logico-mathématique) et de H. B. Curry (les systèmes formels et les langues) apportent chacun d'utiles compléments aux livres bien connus publiés par ces deux auteurs dans la collection de Mme Paulette Destouches-Février (1). Les autres exposés, parmi lesquels, ceux de

J. Lukasiewicz : la formalisation des théories mathématiques : R. Feys : la formalisation comme suggestion rigoureuse ; J. Hermès ; le concept d'axiomatisabilité ; A. Robinson : les rapports entre calcul déductif et interprétation sémantique d'un système axiomatique ; et ceux de Heyting et Johansson sur l'intuitionisme, fournissent dans l'ensemble un matériel très riche. Tous ont eu soin de ne pas négliger le côté purement mathématique, lequel a toujours eu dans des recherches de ce genre un rôle très fructueux (comme en attestent les travaux de Kurt Gödel, Garrett Birkhoff).

b) Théorie des nombres. — Voici d'abord, reproduite par la librairie scientifique et technique A Blanchard, la traduction faite en 1807, par Poullet-Delisle des célèbres

Recherches arithmétiques, par C. F. Gauss (2)

où, poursuivant l'œuvre accomplie par Fermat, Euler, Lagrange, Legendre, l'illustre Auteur développe, en reprenant toutes choses à leurs principes, les méthodes qui lui ont permis de traiter des formes à coefficients entiers, de congruences algébriques des deux premiers degrés, et en outre de la théorie de la division du cercle. Il y a là un vaste ensemble de questions que nul ne doit ignorer et qu'il est plus agréable de lire dans l'exposé de Gauss que partout ailleurs. Aussi, cette réédition est-elle un succès assuré.

Voici maintenant un bref mais substantiel exposé d'Emile Borel, intitulé :

Les nombres premiers (3).

Théorie où l'Auteur se plait à voir une des plus belles conquêtes de l'esprit humain. Ce livre sera particulièrement apprécié par tous et ceux qui auront bien voulu s'adonner à la lecture de Gauss y prendront un plaisir tout spécial, à la rencontre de thèmes assez nombreux communs aux deux ouvrages cités. L'auteur, qui accorde une grande place aux considérations de probabilités, montre en terminant ce qu'il advient de cette théorie lorsqu'on veut l'étendre aux entiers imaginaires ; il traite aussi, en illustrant ses développements déductifs de confrontations expérimentales, d'une question très délicate : celle de

(1) Beth. *Les fondements logiques des mathématiques.* — Curry. *Leçons de logique algébrique.* Gauthier-Villars.
(2) Un grand in-4° de 500 p. Prix : 2.800 francs.
(3) Fasc. 571 de la collection Que sais-je ? Les Presses Universitaires, Paris 1953. Prix :

la raréfaction des nombres premiers. Il montre comment des voies assez faciles à suivre permettent de retrouver la loi de répartition asymptotique, dont les premières démonstrations rigoureuses furent données à peu près en même temps par HADAMARD et de LA VALLÉE POUSSIN, démonstrations pouvant être remplacées aujourd'hui par celle, de nature élémentaire, construite par SELBERG (*Annals of Math.*, avril 1949).

c) ALGÈBRE MODERNE. — Je commence par une excellente synthèse de Pierre SAMUEL, intitulée :

Algèbre locale (1).

C'est le corps de doctrines algébriques édifié en vue de l'étude d'une variété V, de nature algébrique (ou analytique), au voisinage d'un point P. Cela peut se faire en restant dans le corps des nombres complexes, mais également, en prenant des corps de base plus généraux. On considère d'abord l'anneau A des fonctions rationnelles (ou méromorphes) sur V qui ne sont pas infinies en P : c'est un anneau local, dont les éléments pourront être représentés, si l'on prend le corps des complexes, par un développement taylorien, ou sinon, par un développement formel qu'on peut adapter à tout corps de base. On conçoit ainsi comment procédera la construction d'une algèbre locale, laquelle, chose remarquable, vient englober comme cas particulier l'étude des anneaux p-adiques.

Et pour élever le lecteur vers une étude encore plus difficile, je signalerai maintenant le profond ouvrage de Claude CHEVALLEY :

Théorie des groupes de Lie. Tome II : *Groupes algébriques* (2).

C'est une suite donnée par son Auteur à « *Theory of Lie groups*, I » publié à Princeton (1944). Toutefois, l'exposé actuel en est indépendant.

Un premier chapitre (Algèbre tensorielle et applications, voir *Algèbre*, ch. III, par N. BOURBAKI) rassemble des définitions et théorèmes d'algèbre générale sollicités dans la suite. Le second chapitre, consacré à la théorie des groupes linéaires algébriques, prolonge des recherches faites par MAURER à la fin du XIXe siècle, en vue d'obtenir notamment les conditions à imposer à l'algèbre de Lie d'un groupe linéaire pour qu'il soit algébrique. Au lieu de s'en tenir aux groupes de matrices à coefficients complexes, l'Auteur s'oriente ici vers les groupes à coefficients dans un corps quelconque. Il s'agit surtout de montrer que le mécanisme de correspondance entre groupes et algèbres de LIE vient appuyer l'étude des groupes linéaires algébriques sur un corps quelconque K de caractéristique 0. Ainsi, lorsque L est un surcorps de degré fini de K, ce principe livre tous les sous-groupes du groupe

(1) Fasc. CXXIII du *Mém. des Sc. Math.*, 76 pages. Gauthier-Villars, Paris, 1953. Prix : 950 francs.
(2) Fasc. 1152 des *Act. Scient.*, HERMANN. Prix : 2 000 francs.

multiplicatif de L, qui regardés comme groupes de transformations linéaires de la structure d'espace vectoriel de L sur K, sont des groupes algébriques (groupes qui s'annoncent comme susceptibles d'intervenir dans la théorie arithmétique du corps L).

Cette étude sera prolongée ultérieurement par d'autres chapitres :

III algèbres de LIE semi-simples ; IV. leurs classifications et représentations ; V. cohomologie des algèbres de LIE ; VI. topologie des groupes de LIE.

d) GÉOMÉTRIE. — Je ne citerai qu'un seul ouvrage. C'est l'excellente étude de L. A. SANTALO, intitulée :

Introduction to integral geometry (1).

Cette branche a été beaucoup étudiée par BLASCHKE, en prolongeant des travaux de CROFTON, s'inspirant de la théorie des probabilités géométriques. Celle-ci conduit naturellement à recourir à des notions de densité et de mesure, et ainsi, à développer certains aspects de la théorie des ensembles, y compris ce qui concerne les lattices de figures. C'est à ce point de vue que l'Auteur développe d'abord la géométrie métrique intégrale dans le plan, puis l'étend aux surfaces. Il est alors en mesure, avec l'appui de la théorie des groupes de LIE, de construire une théorie générale qu'il applique à divers groupes : le groupe affiné unimodulaire, le groupe projectif, le groupe des déplacements de CAYLEY, le groupe des déplacements euclidiens pour un nombre de dimensions quelconque.

C'est un ouvrage très riche, publié sous les auspices de l'Institut Mathématique de l'Université de Nancago (consultez vos amis géographes) (2) qui avait pris aussi l'initiative de demander à Cl. CHEVALLEY d'écrire le précédent. Comme l'Univers, l'ensemble des Universités est en expansion. J'espère en reparler ici.

G. BOULIGAND.

BIOLOGIE SOVIÉTIQUE

Le tome II : Biologie de la Collection « Questions Scientifiques » (3) réunit des textes écrits par divers biologistes spécialisés, est destiné à faire connaître au public français « la grande importance et l'esprit novateur de la biologie soviétique », dont les « gigantesques progrès » justifient, selon le préfacier, cette assurance, donnée en 1946 par Staline, que la science de l'U.R.S.S. saurait non seulement rattraper, mais encore dépasser, dans un proche avenir, les résultats acquis par la science étrangère.

Les résultats énoncés par les biologistes soviétiques sont, en effet, extraordinaires, et, s'ils étaient vérifiés, ils constitueraient sans aucun doute

(1) Fasc. 1198 des *Act. Scient.* HERMANN. Prix : 1 800 francs.

(2) Un archiviste-paléographe va, dit-on, publier un docte mémoire pour établir que Nancago serait la contraction de deux noms, celui d'une ville d'Europe et celui d'une ville d'Amérique. Voir à ce sujet M. FREYMNN, directeur des éditions Hermann.

(3) Editions de la nouvelle Revue Optique, Paris 1933.

de merveilleux progrès. C'est toute une biologie nouvelle qu'on nous présente la seule question est de savoir quelle est la valeur des faits invoqués.

En premier lieu, des transformations d'espèces auraient été constatées (**Du nouveau dans la science de l'espèce**, par T. D. Lyssenko) : « Il a été montré et prouvé sans conteste possible par notre biologie mitchourinienne que des espèces végétales sont engendrées par d'autres espèces actuellement existantes ». Le blé dur (**Triticum durum**) peut donner naissance au blé tendre (**Triticum vulgare**) ; le blé, tendre ou dur, le blé branchu peuvent engendrer du seigle (**Secale cereale**), de l'orge (**Hordeum vulgare**), de l'avoine (**Avena sativa**) ; le seigle peut engendrer du blé, de l'avoine, de la folle-avoine (**Avena fatua**)...

Il s'agit donc de transformations de genres, aussi bien que d'espèces. Transformations brusques et non graduelles. Dans le corps de l'organisme appartenant à une espèce A se forment des embryons d'organismes appartenant à une espèce B : c'est ainsi que, dans un épi de blé dur, on trouve des **grains isolés** de blé tendre ; dans un épi de blé, des grains de seigle ; dans un panicule d'avoine, des grains de folle-avoine, etc...

Plus de 200 grains de seigle isolés ont été trouvés, en 1949, dans des épis de blé.

Cette « xénogenèse » ne se produit d'ailleurs pas par simple transformation de l'ancien en nouveau, c'est-à-dire par transformation de cellules d'espèce A en cellules d'espèce B, mais, vraisemblablement, par apparition, au sein de l'organisme A, à partir d'une substance dénuée de structure cellulaire, de particules d'espèce B, qui elles-mêmes donneront naissance à des cellules B.

Comme on voit, ce n'est pas là une somation héréditaire de type lamarcien, ni une mutation de type classique ; c'est un phénomène d'ordre tout nouveau, et jusqu'ici méconnu par la science.

Les plantes d'espèces A qui engendrent des grains d'espèce B — et qui ainsi manifestent une singulière « dualité génétique » — ne présentent pas des caractères intermédiaires entre les plantes A et les plantes B ; elles sont d'aspect tout à fait normal, typique ; c'est seulement leur « intérieur » qui n'est pas ordinaire.

Il arrive même que des plantes d'espèce étrangère naissent à partir des grains qui ne présentaient par eux-mêmes rien d'anormal : ainsi, des pieds d'orge, naissant du blé branchu, se développent à partir de grains qui, par leur aspect extérieur, ne se différenciaient en rien des grains normaux du blé branchu.

En général, les plantes nées d'une autre espèce continuent de produire des plantes de la nouvelle espèce. Toutefois, des plantes de seigle nées du blé ont redonné des plantes de blé.

Ces transformations d'espèces se produisent sous l'influence des conditions extérieures : « Le changement des conditions de vie est la cause première de l'apparition de nouvelles espèces, tout comme de la diversification des formes à l'intérieur de l'espèce ».

On peut imaginer que, sous l'influence des conditions modifiées, devenues défavorables à la nature (ou l'hérédité) spécifique des organismes, « des germes d'autres espèces plus conformes aux conditions modifiées du milieu extérieur se forment, naissent dans le corps de ces organismes ».

Il est curieux de noter que ces plantes nées d'une espèce (par exemple, pieds de seigle engendrés par des pieds de blé) donnent assez facilement des graines par auto-fécondation, et, même, bien qu'en faible quantité, sans aucune fécondation. A la deuxième génération, ce pouvoir de donner des graines sans fécondation s'affaiblit, pour disparaître aux générations suivantes : « On ne peut expliquer la formation de grains de seigle sans fécondation que par le fait que, au moment où les grains de seigle sont engendrés dans l'organisme des pieds de blé, c'est-à-dire lors du développement d'un ovule de seigle dans un épi de blé, il se conserve dans le

corps de l'ovule de seigle des restes de corps de blé, et cela créé une contradiction dans le corps unique de l'ovule, contradiction nécessaire pour le développement de l'embryon, et ensuite, après semis, de la plante ».

Cette hypothèse se rattache à la conception marxiste, d'après laquelle « l'impulsion vitale essentielle » serait due à la « contradiction (ou lutte des contraires) qui résulte de la différence des hérédités gamétiques.

Les transformations d'espèces, outre leur intérêt théorique pour l'interprétation des phénomènes d'évolution, nous donnent l'explication de certains faits constatés depuis longtemps par les agriculteurs : « dégénerescence » d'espèces agricoles en autres espèces, espèces supplantées par des « mauvaises herbes », etc...

Les représentants de la science classique avaient jusqu'ici refusé d'expliquer ces faits par la transformation d'espèces ; ils invoquaient l'apport de graines étrangères par l'eau, par les oiseaux, ou encore la persistance des graines dans le sol. Mais, toutes ces objections ne tiennent pas contre les constatations expérimentales des mitchouriniens, qui ont non seulement « observé des faits analogues dans des champs convenables » mais encore les ont obtenus à volonté « en cultivant des plantes dans des semis spécialement préparés dans ce but, dans des conditions expérimentales ».

Il est maintenant prouvé que de « mauvaises herbes » peuvent être engendrées par de « bonnes herbes ».

On objectera peut-être que les grains d'espèce étrangère (grains de seigle, dans le blé) sont des grains d'origine hybride ; mais l'objection est spécieuse, car l'hybride seigle-blé, très reconnaissable, est généralement autostérile ; il ne donne pas de graines, à moins d'être croisé avec une des espèces parentes, le blé de préférence : or, les grains de seigle nés du blé ont produit des plantes de seigle tout-à-fait normales et fécondes.

Jusqu'à présent, tous les exemples de transformations d'espèces concernent le monde végétale : « Nous n'avons pas encore les données de fait nécessaires sur la manière dont se fait la formation des espèces dans le monde animal. Mais on peut être convaincu que le développement de la théorie biologique mitchourinienne donnera bientôt la possibilité d'accumuler, touchant la zoologie, des matériaux, des faits analogues à ceux observés dans le monde végétal ».

Ces extraordinaires transformations d'espèces, voire de genres, ne sont évidemment possibles que parce que la stabilité du patrimoine héréditaire, telle qu'elle est admise par la génétique classique, est une pure illusion. Cette stabilité, on la rattache généralement à la continuité de l'appareil chromosomique. Or, il n'y a pas de continuité chromosomique pendant l'intercinèse, c'est-à-dire pendant l'intervalle qui sépare deux divisions cellulaires ; les chromosomes, à ce stade de la vie cellulaire, ne persistent ni sous forme apparente, ni sous forme invisible : telle est la conclusion que P. V. Makarov croit pouvoir tirer de ses minutieuses observations (**Critique des bases cytologiques de la théorie chromosomique de l'hérédité**).

A la critique de la « chrosmosomistique » se relie la critique mitchourinienne de la théorie classique de la fécondation.

On pensait jusqu'ici que, lors de la fécondation, (du moins dans les espèces à fécondation dite monospermique, un seul spermatozoïde pénétrait dans l'ovule. Or, en réalité, chez les oiseaux, chez les lapins, un grand nombre de spermatozoïdes pénètrent dans la cellule femelle, et non seulement au moment de la fécondation, mais encore après que les premières divisions de l'œuf ont commencé (M. M. Lebedev, **La fécondation polyspermique chez les animaux**).

La rapidité de la division de l'œuf dépend dans une large mesure du nombre des spermatozoïdes ayant pris part à la fécondation : la preuve en est qu'en augmentant la dose de sperme, on accélère, chez le lapin

le rythme des premières divisions cellulaires. De même une « double saillie », chez les porcs et chez les poules, élève la fécondité des femelles, la vitesse de croissance et la vitalité de la descendance.

En croisant une poule de race A avec deux coqs de race B et de race C, Lebedev pense avoir mis en évidence des effets génétiques en rapport avec la double fécondation de l'ovule. Ces effets sont inapparents à la première génération mais ils se manifestent à la deuxième, par la réapparition de caractères « du second géniteur ».

Deux coqs mâles peuvent donc participer à la constitution du patrimoine héréditaire d'un produit, et cela sans qu'il y ait modification du nombre des chromosomes.

Des faits analogues ont été constatés chez les plantes (N. V. Tourbine et E. N. Bogdanova, **Sur la fécondation chez les plantes**), où l'on a obtenu, sans polyploïdie, des hybrides provenant de plusieurs formes paternelles. On ne sait, dans ce cas, s'il faut admettre l'union de plusieurs cellules paternelles avec l'ovule, ou une influence de « la masse en germination des grains de pollen de l'un et l'autre père », produisant une réorganisation profonde dans la marche ordinaire des phénomènes, d'où une action — par échange de substances — entre le sac embryonnaire et la graine.

Tous ces faits, déjà si curieux, le cèdent en importance à ceux qu'aurait mis en évidence Mme Olga Lepechinskaia (O. B. Lepechinskaia, **Les Processus vitaux dans la période précellulaire** ; T. D. Lyssenko, **Les travaux d'O. B. Lepechinskaia**), et qui ne visent à rien de moins qu'à ruiner la théorie cellulaire.

D'après cet auteur, — qui a expérimenté sur les têtards, les œufs d'oiseaux et de poissons, les hydres — des cellules pourraient se constituer à partir de sphérules vitellines, ou à partir de granulations minuscules mises en liberté par la décomposition d'autres cellules.

Elle aurait constaté la formation de novo de cellules nucléées dans du jaune d'œuf mis en culture.

Lors de la cicatrisation des plaies, les granulations produites par la désagrégation des mastocytes donnent naissance à des lymphocytes et prennent part à la formation du tissus conjonctif. Dans le suc d'aloès, des cellules naissent à partir des minuscules cristaux qui se forment par addition d'acide nucléique.

Le matière vivante contient donc des « acides nucléiques à l'état diffus ou dispersé », et, de ces acides, peuvent naître des cellules, et, à plus forte raison, des intra-cellules ou virus.

C'est tout le problème de la génération spontanée qui serait, sinon résolu par Mme O. B. Lepechinskaia, du moins posé de façon nouvelle.

Nous avons essayé, en cette brève analyse, de donner un résumé très objectif et impartial de la nouvelle biologie soviétique. Que faut-il penser de ces grandes découvertes, de ces grandes nouveautés ?

Il est évident que chaque ligne des « Questions scientifiques » fait surgir à l'esprit d'un « biologiste orthodoxe » une foule d'objections qui lui paraissent insurmontables. En énumérer quelques-unes serait superflu : c'est tout ce que nous croyons savoir qui — jusqu'à nouvel ordre — s'oppose à l'acceptation des « gigantesques progrès » qu'on nous annonce.

Outre l'invraisemblance des faits, la manière dont ils sont présentés — ton affirmatif, agressif, polémique, emploi du verbiage marxiste, fréquentes références à Engels, Marx, Lénine et Staline — n'est point faite pour augmenter notre confiance. Toutefois, en matière de vérité scientifique gardons-nous ne jamais nier **a priori**, même ce qui a toute l'apparence de l'impossible. Sur des résultats aussi fondamentaux que ceux qu'a prétendûment obtenus la biologie soviétique, la lumière ne saurait tarder de se faire, dissipant ainsi une équivoque vraiment pénible pour tous les hommes de bonne foi. Nous connaîtrons alors si nous avons affaire à un approfondissement magnifique et imprévu de la réalité ou à une construction délirante de l'imagination.

Jean ROSTAND.

Mécanique Analytique et Mécanique Céleste

Problème des trois corps. Périhélie de Mercure

par Maurice JANET

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

10 novembre 1953 (1)

Les principes de la *Mécanique classique*, que l'on a dégagés peu à peu de l'observation et de l'expérience, supposent certaines conventions sur la mesure des longueurs, des temps, des masses, et sur le choix d'un système de référence, dit système galiléen, qui n'est d'ailleurs déterminé qu'à un mouvement près (mouvement de translation rectiligne et uniforme d'ailleurs arbitraire). Il faut remarquer que, par suite des progrès dans la précision des mesures, on peut être obligé de modifier ces conventions (par exemple définir le centimètre relativement à une longueur d'onde plutôt qu'à une règle de platine). Mais à ce sujet, on peut concevoir l'*alternative suivante* : ou bien il sera toujours possible de définir des unités et des axes de référence, de manière que les principes de la Mécanique classique restent vrais, ou bien il sera nécessaire de modifier les notions classiques de longueur, de temps, de masse, et c'est ce que fait la Théorie de la Relativité ; dans ce second cas, d'ailleurs, la Mécanique classique continuera à donner une expression très approchée des mouvements réels. Quoiqu'il en soit, il convient au mathématicien de préciser d'abord de quel système d'*axiomes* il part.

***

Nous allons nous placer d'abord dans le cadre de la Mécanique classique.

Le premier problème qui se pose est le problème dit des *deux corps* : on imagine deux points matériels O, P suffisamment éloignés de tous les autres pour qu'on puisse les considérer comme soumis simplement aux forces qu'ils exercent l'un sur l'autre, à savoir une *attraction* en raison inverse du carré de la distance, et proportionnelle à leurs masses :

$$\frac{k}{r^2} \qquad\qquad k = f\, m_1\, m_2$$

où r est la distance, m_1 et m_2 les masses, f une constante universelle. L'accélération de P est portée par la droite OP et a, sur l'axe dirigé

(1) « La retraite de M. Jean Chazy, qui a occupé pendant douze ans la Chaire de Mécanique Analytique et de Mécanique Céleste de la Faculté des Sciences de Paris a donné lieu à cet exposé, destiné à un public d'étudiants. Cet exposé, qui ne prétend donner une idée que d'une partie de l'œuvre de M. Jean Chazy, doit beaucoup à la Notice rédigée par lui-même en 1935 .»

de O vers P, une valeur algébrique γ donnée par la formule fondamentale :

$$m_2 \gamma = -\frac{f\, m_1\, m_2}{r^2} \text{ c'est-à-dire } \gamma = -\frac{f\, m_1}{r^2}$$

Si donc on considère un système d'axes attaché à O et animé par rapport aux axes absolus d'un mouvement de translation, l'accélération relative de P par rapport à ces nouveaux axes a une valeur que l'on obtient en *retranchant* de l'accélération absolue, que nous venons de considérer, l'accélération d'entraînement de P, laquelle n'est pas autre chose ici, puisque le mouvement est une translation, que l'accélération absolue de O, de sorte que l'accélération relative de P est aussi portée par la droite OP, et qu'elle a pour valeur algébrique sur l'axe OP :

$$-\frac{f\, m_1}{r^2} - \frac{f\, m_2}{r^2} = -\frac{f(m_2 + m_1)}{r^2}$$

Le mouvement du point P par rapport à nos nouveaux axes supposés d'origine O est donc donné par le système d'équations différentielles :

$$x'' = -\frac{\mu x}{r^3}, \quad y'' = -\frac{\mu y}{r^3}, \quad z'' = -\frac{\mu z}{r^3} \qquad \mu = f(m_1 + m_2)$$

C'est le mouvement bien connu d'un point attiré par un point *fixe* avec un coefficient attractif égal à la somme des coefficients attractifs des deux corps. On a là un système de trois équations différentielles du second ordre à trois fonctions inconnues x, y, z, ce qui équivaut à un système de six équations du premier ordre à six fonctions inconnues x, y, z, x', y', z' de la variable t dont on connaît immédiatement quatre intégrales, celle des forces vives et celles des aires (ce qui permet de ramener l'intégration à deux quadratures) ; autrement dit, on sait qu'au cours du mouvement, les expressions :

$$\frac{x'^2 + y'^2 + z'^2}{2} - \frac{\mu}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

$$yz' - zy'$$

$$zx' - xz'$$

$$xy' - yx'$$

gardent des valeurs constantes h, A, B, C. La trajectoire est une ellipse, une hyperbole ou une parabole suivant que h est négatif, positif ou nul. La trajectoire *dégénère* en segments de droite si A, B, C sont nuls à la fois. Il est important de considérer ces *dégénérescences*, tout à fait de la même manière que pour étudier une fonction d'une variable il est utile de considérer les points singuliers de cette fonction : les mouvements rectilignes du problème des deux corps sont singuliers en ce sens qu'ils comportent des instants où la distance r

s'annule, où par suite les équations différentielles analytiques cessent d'être *régulières* ; il est naturel d'appeler *choc* cette rencontre de deux corps, mais, bien entendu, il faut se rappeler que nous nous occupons de corps idéaux se réduisant à des points matériels et que nous allons nous placer à un point de vue purement analytique en parlant de *prolongement du mouvement* après le choc (dans la nature, un peu avant la rencontre des deux éléments matériels, d'autres forces interviendraient).

Le mouvement rectiligne limite d'un mouvement elliptique a lieu sur un segment AO qui a pour extrémités le point de distance maximum A et le point attractif O : la limite d'une demi-révolution du mouvement elliptique commençant à l'aphélie et finissant au périhélie est un aller de A en O avec choc des deux corps à l'arrivée en O. Rappelons les formules classiques du mouvement elliptique dans le plan :

$$x = a(\cos u - e)$$
$$y = a\sqrt{1-e^2}\,\sin u$$
$$u - e\sin u = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}\,(t - t_0)$$

x, y : coordonnées cartésiennes ;
t : temps ; t_0 : constante ;
u = anomalie excentrique ;
a = ½ grand axe ;
e = excentricité.

Laissons a constant, faisons $e = 1$; nous trouvons :

$$u^3(\alpha_0 + \alpha_1 u^2 + \dots) = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}\,(t - t_0)$$

où les α sont des constantes numériques.

Si u traverse en croissant la valeur O, t traverse en croissant la valeur t_0 ; u se met sous la forme d'une série entière en $(t - t_0)^{1/3}$; on trouve pour x un développement en série entière suivant les puissances de $(t - t_0)^{2/3}$; ces deux séries convergent si $|t - t_0|$ est assez petit. La distance x des deux corps admet t_0 comme point critique d'ordre 2 et la série obtenue pour r donne pour $t > t_0$ le prolongement analytique de cette fonction. D'ailleurs, dans le cas du mouvement *parabolique*, r n'est autre que le produit de $(t - t_0)^{2/3}$ par un facteur constant.

Pour définir dans un mouvement du point P à la fois sa position et sa vitesse à l'instant t, on peut convenir de les représenter dans l'espace à six dimensions par un point de coordonnées x, y, z, x', y', z' ; au mouvement considéré de P quand t varie de $-\infty$ à $+\infty$, on fait correspondre une trajectoire de l'espace à six dimensions, en donnant ainsi un second sens au mot trajectoire. Inversement, à un point de l'espace à six dimensions correspond en général (si toutefois x, y, z ne sont pas nuls à la fois) une trajectoire issue de ce point, et si on se donne aussi l'instant initial, un mouvement du système des deux corps. Dans l'espace à six dimensions, les trajectoires

paraboliques sont situées sur la multiplicité à cinq dimensions M_5 — $\frac{x'^2 + y'^2 + z'^2}{2} - \frac{\mu}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} = 0$, les trajectoires elliptiques étant d'un côté de M_5, les trajectoires hyperboliques de l'autre. D'autre part, la multiplicité $\frac{x'}{x} = \frac{y'}{y} = \frac{z'}{z}$ à quatre dimensions M_4 peut être appelée multiplicité singulière du problème des deux corps. Il suffit d'imaginer qu'on place par rapport à ces multiplicités le point représentatif des conditions initiales pour connaître la nature du mouvement.

Le problème dit des *trois corps* consiste dans l'étude du mouvement d'un système de trois points matériels de masses données qui s'attirent proportionnellement à leurs masses et en raison inverse du carré de leurs distances. Leur centre de gravité est animé par rapport à un système galiléen d'un mouvement rectiligne et uniforme. Si on considère un système d'axes rectangulaires attaché au centre de gravité et animé d'un mouvement de translation par rapport aux axes absolus, on repère en général la position du système par les projections x, y, z du vecteur OP qui va de la première masse m_1 à la seconde m_2 et par les projections ξ, η, ζ du vecteur $G_{12}Q$ qui va du centre de gravité des deux premières masses à la troisième m_3. On peut alors facilement écrire le système de six équations différentielles du second ordre auxquelles satisfont ces six fonctions — ou encore le système de douze équations différentielles du premier ordre auxquelles satisfont les douze fonctions inconnues $\begin{matrix} x, & y, & z, & \xi, & \eta, & \zeta \\ x', & y', & z', & \xi', & \eta', & \zeta' \end{matrix}$

à un mouvement correspondra ici une trajectoire dans l'espace à douze dimensions, en donnant un nouveau sens au mot trajectoire. Inversement à un point de l'espace à douze dimensions correspond, en général, une trajectoire issue de ce point et même, si l'on se donne l'instant initial, un mouvement des trois corps. On peut écrire encore ici quatre intégrales, l'intégrale des forces vives et les trois intégrales des aires, de sorte qu'on pourrait être ramené à un système d'ordre $12 - 4 = 8$. On peut bien, il est vrai, d'après les propriétés générales dont nous aurons l'occasion de reparler au cours de l'année, obtenir encore par quadratures *deux* autres intégrales, mais c'est insuffisant pour l'intégration complète, et c'est d'un autre côté que l'on a dû chercher.

Lagrange s'est demandé, simplement à titre de curiosité, semble-t-il, quels sont les mouvements particuliers du système des trois corps où les rapports des distances mutuelles sont constants : il a trouvé que, alors :

ou bien les trois corps forment constamment un *triangle équilatéral*,

ou bien *ils restent constamment en ligne droite*, une certaine relation existant alors entre les distances mutuelles et les masses, relation déjà découverte par Euler.

Dans ces deux cas d'ailleurs, le mouvement a lieu dans un plan fixe, et les trois corps décrivent des coniques autour de leur centre de gravité commun.

Depuis Lagrange, le problème des trois corps a été l'objet des plus grands efforts. Poincaré, en particulier, a trouvé d'importants résultats concernant les solutions *périodiques* et les solutions *asymptotiques*. C'est à un mathématicien finlandais Sundman que l'on doit l'idée du prolongement analytique du mouvement après les chocs : c'est Sundman qui est arrivé définitivement en 1912 à exprimer *les coordonnées, et le temps de* $-\infty$ à $+\infty$, par des fonctions d'une *même variable holomorphes dans un cercle*, tout à fait comme dans le mouvement des deux corps, les coordonnées et le temps s'expriment en fonction entière d'un même paramètre u (appelé anomalie excentrique). Sundman avait donc obtenu, en un sens, au point de vue *quantitatif*, la solution du problème des trois corps. Mais en raison même de sa généralité, la solution de Sundman confondait toutes les allures possibles du mouvement et ne donnait aucun renseignement *qualitatif*. C'est dans le domaine *qualitatif* précisément que M. Chazy a fait faire au problème des progrès considérables.

L'essentiel était d'abord d'étudier les *chocs*. Painlevé avait démontré que les conditions auxquelles doivent satisfaire les coordonnées et les vitesses initiales pour qu'un choc puisse avoir lieu au cours du mouvement sont ici *transcendantes*, et même transcendantes par rapport aux vitesses seules, et M. Chazy a complété la démonstration de Painlevé. Bornons-nous au cas où le *moment cinétique* dans le mouvement autour du centre de gravité est *différent de O*. Dans ce cas, Sundman avait démontré qu'il ne peut *pas* y avoir choc des *trois corps*, mais il peut y avoir choc de *deux* des trois corps, et il avait démontré que la droite joignant les deux corps qui se choquent à l'instant t_1 tend vers une position limite quand t tend vers t_1 et que les coordonnées peuvent se développer en série entière de $(t - t_1)^{1/3}$: M. Chazy complète ce résultat en montrant que le choc a lieu nécessairement dans le plan du maximum des aires, et qu'à l'instant du choc la trajectoire du troisième corps (et celle du centre de gravité des deux premières) sont tangentes à ce plan.

Admettons maintenant qu'il puisse y avoir choc des *trois corps*, alors le moment cinétique dans le mouvement autour du centre de gravité est nécessairement nul, et d'après un théorème (de Dziobek), le mouvement est *plan* ou *rectiligne*. Sundman démontre alors que la figure des trois corps tend, quant à la forme, vers une des deux figures obtenues par Lagrange : le triangle équilatéral et le système des trois points alignés avec la relation d'Euler. M. Chazy va plus loin et montre que l'orientation de la figure tend vers une limite, et que les coordonnées sont développables en séries ordonnées suivant des *puissances croissantes* de $(t - t_1)$ et dont les *premiers termes* sont en $(t - t_1)^{2/3}$. Le fait que la droite OP dans le cas du choc de deux corps, l'orientation de OPQ dans le cas du choc de trois corps, a une limite déterminée, est d'autant plus remarquable que dans des

problèmes très voisins en apparence, il peut en être tout autrement. M. Chazy montre, par exemple, que si l'on remplace la loi du carré par la loi du *cube* de la distance, le mouvement comporte, sous des conditions d'inégalité entre les valeurs initiales, certains chocs de deux corps O, P tels que la droite OP ne tende vers aucune position limite quant t tend vers l'instant t_1 du choc (la trajectoire de l'un par rapport à l'autre est une sorte de spirale).

Des travaux importants de M. Chazy concernent l'*allure* du mouvement des trois corps *quand le temps* t *tend vers* $+ \infty$. Il met tout d'abord en évidence certains mouvements où dans ces conditions la *forme* du triangle des trois corps tend vers une des deux solutions d'équilibre relatif déjà rencontrées. Puis il classe les différents mouvements possibles au point de vue des *maxima des distances mutuelles*. Il suppose qu'il n'y a pas de choc des trois corps, mais il admet des chocs de *deux* des corps : dans ce cas, il *prolonge* le mouvement au-delà de l'instant t_2 du choc au moyen de séries entières en $(t - t_1)^{1/3}$. Il obtient ainsi *sept* sortes de trajectoires et indique leur répartition en continua. Il se trouve diviser ainsi l'espace à douze dimensions :

$$x,\ y,\ z,\ \xi,\ \eta,\ \zeta$$
$$x',\ y',\ z',\ \xi',\ \eta',\ \zeta'$$

en cinq régions, et cela le conduit à bien des résultats, parmi lesquels la proposition suivante est particulièrement frappante.

Soient *deux corps* qui tournent l'un autour de l'autre d'un mouvement elliptique, et un *troisième* qui arrive de l'infini (dans une direction non parallèle au plan de ce mouvement elliptique), au voisinage des deux premiers. En excluant le cas de choc, il est impossible que ce corps soit *capturé* par le système des deux premiers, impossible aussi que le système soit *disloqué* ; nécessairement au bout d'un temps plus ou moins long, le troisième corps *s'éloignera*, et les deux premiers continueront à tourner l'un autour de l'autre d'un mouvement elliptique.

M. Chazy a aussi étendu certains résultats au problème des n corps. Mais vous savez qu'en fait, dans les calculs astronomiques, en raison de la masse énorme du soleil, on utilise essentiellement le problème des *deux* corps ; on considère la trajectoire d'une planète M comme étant, en première approximation, une ellipse ayant le soleil S pour foyer ; ensuite, on fait varier lentement cette ellipse pour tenir compte de l'effet des autres planètes sur M. Le problème du système solaire est donc de déterminer un *système de masses planétaires* pour que le calcul ainsi conduit soit d'accord avec les observations. En fait, *l'accord, dans l'ensemble, est admirable.* Il y a pourtant quelques désaccords :

« certainement pour le périhélie de Mercure ;
probablement pour le nœud de Vénus ;
peut-être pour le périhélie de Mars ».

Bornons-nous au plus certain et au plus célèbre, le périhélie de Mercure. Il avance à chaque révolution, et l'*avance observée au bout*

de 100 *années* est évaluée en fait à 572″70. Des astronomes de la qualité de Le Verrier et de Newcomb n'ont pu en expliquer qu'une partie. Une critique serrée de M. Chazy a montré qu'*un désaccord* entre les avances *calculées* par l'un et par l'autre de ces astronomes était en réalité beaucoup plus faible qu'il n'aurait pu paraître au premier abord et qu'en réalité il n'était guère que de 2 *dixièmes de seconde*, 529″40 chez Le Verrier, 529″21 chez Newcomb. En adoptant ce dernier nombre, il reste une avance inexpliquée de 43″49. Et ceci nous conduit à parler de l'autre Mécanique, la Mécanique relativiste, qui part de principes tout différents.

***

Dans la théorie de la *Relativité*, les mesures d'espace et de temps ne peuvent plus être séparées ; il n'y a pas d'un côté un espace (x, y, z) et de l'autre un temps (t) ; il y a un continu à quatre dimensions (x, y, z, t). Le mouvement d'un point libre repéré par rapport à un système galiléen est défini par une géodésique du :

$$ds^2 = V^2\,dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

où V est une constante universelle : on retrouve les mouvements rectilignes et uniformes, mais on n'obtient (si du moins ds est réel) que des mouvements dont la vitesse est au plus égale à V ; la vitesse égale à V correspond aux rayons lumineux.

La théorie de la *Relativité généralisée* introduit un ds^2 plus général :

$$ds^2 = \Sigma\, g_{ik}\, dx_i\, dx_k \qquad g_{ik} = g_{ki} \qquad (t,\ k,\ = 1,\ 2,\ 3,\ 4)$$

où les g sont des fonctions des x satisfaisant à un certain système d'équations aux dérivées partielles que l'on écrit pour certaines raisons d'*invariance* et pour certaines raisons de *raccordement* avec la Mécanique classique : Einstein a pris pour point de départ l'hypothèse qu'une *transformation convenable de coordonnées* est équivalente, *dans le voisinage d'un point, à une force de gravitation* : on ne parle plus là ni de masse ni de force, on ne fait plus qu'une sorte de géométrie à quatre dimensions. Par exemple un ds^2 correspondant à un champ de gravitation à symétrie sphérique, et tel que le « temps » t ne figure que par le carré dt^2, peut être écrit sous la forme suivante :

$$ds^2 = \alpha\, V^2\, dt^2 - \frac{dr^2}{\alpha} - r^2\,(d\theta^2 + \cos^2\theta\, d\varphi^2)$$

où $\alpha = 1 - \dfrac{2\,\mu}{V^2\,r}$; r, θ, φ désignent des variables analogues aux coordonnées polaires et t au temps, V étant la vitesse de la lumière et μ le coefficient attractif de la masse centrale considérée. $\dfrac{2\,\mu}{V^2}$ qui a la dimension d'une longueur est, si on prend pour μ le coefficient

attractif du Soleil, égal à 3 km environ, ce qui est petit par rapport aux valeurs de r que nous ferons intervenir. Une géodésique de ce dz^2 est analogue à une ellipse dont l'origine est un foyer. Mais le grand axe de cette ellipse tourne à chaque révolution d'un petit angle :

$$\frac{1 - e^2}{6\pi} \quad \frac{\mu}{V^2 a}$$

où a est la demi-longueur de ce grand axe, e l'excentricité. Si on fait le calcul de cet angle dans le cas où a est la distance moyenne de Mercure au Soleil, et e l'excentricité de l'orbite de Mercure, et si on calcule *l'avance totale qui en résulte pour* 100 *années*, on trouve :

$$\boxed{42'',9}$$

nombre remarquablement voisin du nombre $\boxed{43'',49}$ considéré précédemment.

[M. Chazy a d'ailleurs montré comment, en restant dans le cadre de la Mécanique classique, on peut trouver une infinité de lois simples, dépendant même de trois paramètres arbitraires, qui donnent, quand on les admet comme lois correctives de la loi de Newton, la *même avance* du périhélie : $\dfrac{1 - e^2}{6\pi} \dfrac{\mu}{V^2 a}$ par révolution].

Le ds^2 de Schwarzschild est celui qui donne le champ de gravitation produit par une seule masse fixe sur une masse infiniment petite, celle qui décrit la géodésique dont nous venons de parler ; c'est un cas *limite* du problème des deux corps.

Le problème des *deux corps* dans la *Théorie de la Relativité* n'est pas résolu, mais M. Chazy a étudié le cas idéal de deux masses fixes et a formé un ds^2 pour un tel problème. Bien qu'on puisse considérer ce cas comme intéressant d'abord l'Analyse, ce problème, comme l'a montré Hermann Weyl, est en réalité plus *voisin* d'un *problème physique réel* que le problème *analogue* de la *Mécanique Classique*.

On voit par ces exemples précis l'importance de *quelques parties* de l'œuvre de M. Jean Chazy. Elle va des *plus hauts problèmes de l'Analyse* aux *questions numériques les plus concrètes*. J'ai laissé de côté de nombreux aspects de son œuvre. Outre ses deux grands ouvrages : *Mécanique Rationnelle* d'une part, *Théorie de la Relativité et Mécanique Céleste* de l'autre et l'élégant petit volume qui vient de paraître cette année, il faudrait encore citer ses travaux d'analyse sur la théorie analytique des équations différentielles, qui ont précédé ceux dont j'ai parlé ci-dessus et aussi, en ce qui concerne la Mécanique Céleste, l'utilisation qu'il a faite des *Invariants Intégraux*.

C'est la *Théorie générale des Invariants Intégraux* qui fera cette année l'objet de mon cours sur la Mécanique céleste.

Maurice Janet.

L'HISTOCHIMIE DES ENZYMES

par P. F. CECCALDI
Chargé de Recherches
(Laboratoire de Biologie de la Faculté de Médecine de Paris)

Sans entrer dans des détails techniques que l'on trouverait dans des ouvrages ou revues spécialisés, on aura en vue plutôt, ici, de donner un panorama de ce chapitre encore si nouveau de l'Histochimie...

Le caractère apparemment catalytique des réactions chimiques de la vie cellulaire nécessite des substances — les Enzymes — dont la seule présence conditionne ces réactions.

En fait, elles ne créent sans doute pas de réactions, mais modifient des vitesses ou impriment des directions telles que, à un carrefour de possibilités, la direction prise sera surtout le fait de l'augmentation de vitesse de l'une des réactions possibles.

Ces Enzymes sont doués de certaines caractéristiques, bien dégagées par les biochimistes :

— la spécificité d'action, tantôt large, tantôt étroite ;

— la réversibilité d'action ; en fait, plutôt action accélératrice sur une réaction réversible ;

— l'intégrité après action.

Elles ont aussi certaines exigences : conditions de milieu, de dissociation, de température.

La quantité d'Enzyme n'est ordinairement pas en question, car il existe entre le substrat transformé et l'Enzyme utilisé des disproportions énormes, ce qui n'exclut pas pour autant la proportionnalité.

La nature des Enzymes n'est pas encore parfaitement élucidée ; on s'en tient généralement à une théorie dualistique qui fait intervenir un groupement colloïdal et un ion spécifique dont la coexistence semble indispensable au déclenchement de toute réaction — complémentaires active et activante, apoenzyme et coenzyme, proferments et kinases, tels sont les noms qui ont été donnés, selon les auteurs, aux membres de ce système double.

Le mécanisme de l'action enzymatique pourrait être le suivant : d'abord a lieu un contact entre le système diastasique et les molécules du substrat, et une adsorption du substrat sur le support colloïdal de la diastase qui prête ainsi non seulement sa surface, mais aussi sa polarité : c'est en somme un moulage morphologique ou, mieux,

électronique ; la fréquence de vibration des différents atomes produit des variations qui déséquilibrent la molécule ; puis, ce déséquilibre rendant les liaisons plus vulnérables, se manifeste une tendance à fixer, par exemple, H et OH du milieu. Ainsi s'expliqueraient différents faits tels que la distinction entre des actions très voisines, comme la spécificité vis-à-vis d'isomères optiques.

L'étude des modificateurs de l'action enzymatique semble confirmer ces vues — activateurs comme inhibiteurs, directs comme médiats.

Telles sont, grossièrement esquissées, les données acquises par la Biochimie dans le domaine de l'Enzymologie.

Il était dès lors intéressant de connaître, en outre, la localisation de ces Enzymes dans l'intimité des tissus — et c'est à l'Histochimie qu'il appartenait d'étudier ce chapitre...

Mais le problème s'annonçait difficile à résoudre, car aux difficultés communes à toute l'Histochimie (à savoir le respect de l'intégrité des tissus, la sensibilité et la spécificité des réactions), s'ajoutent des difficultés propres à l'étude des Enzymes, leur fragilité en tout premier plan.

Cet exposé aura donc surtout pour objet de montrer quels sont les problèmes et quelles sont les solutions de ces premières années de l'Histochimie des Enzymes, et tout ce rappel biochimique n'avait pour but que de mieux situer les difficultés d'une telle étude.

* * *

L'Histochimie des Enzymes n'est pas absolument nouvelle : bien des réactions sont connues depuis longtemps, mais leur interprétation enzymologique restait moins que sûre. Même maintenant, d'ailleurs, il n'y a que quelques Enzymes qui puissent être décelés ou localisés avec assurance, soit que les autres soient trop labiles — bien qu'on en connaisse des réactions assez spécifiques —, soit qu'ils soient assez résistants mais qu'on n'en connaisse pas de réactions assez spécifiques.

Aussi, préliminairement à une étude histochimique proprement dite, doit-on les étudier de façon théorique sur des préparations artificielles et dans des conditions artificielles, les unes et les autres parfaitement connues, en expérimentant sur des « modèles » de papiers-filtres imbibés de la substance à étudier ou sur des milieux biologiques additionnés de la substance à étudier, les uns comme les autres traités identiquement selon le procédé à tester ; ou encore, de façon plus pratique, sur des préparations vraies par omission de réactifs ou par addition d'inhibiteurs spécifiques. On peut ainsi arriver à se faire une idée de la possibilité et de la validité de l'étude d'un Enzyme à l'échelle tissulaire, et déterminer les modalités de sa technique.

En général, cette technique d'étude s'inspire des directives suivantes :

1. — La préparation histologique des pièces nécessite le plus grand soin — on doit éviter la destruction et la diffusion de l'Enzyme. Dans ce but, on utilise une fixation des tissus dans l'acétone et/ou l'alcool éthylique à basse température.

Il est mieux d'utiliser les procédés par inclusion que les procédés à congélation qui donnent de mauvais résultats après une telle fixation ni assez précipitante pour les Enzymes, ni assez coagulante pour les protéines. Cela nécessite, certes, des passages dans des solvants organiques, mais si l'on utilise une déshydratation par les mêmes alcool ou acétone, et à froid, l'imprégnation ultérieure par le benzène ou le chloroforme sera moins traumatisante. L'inclusion finale dans la paraffine est convenable à la condition de ne pas dépasser la température de son point de fusion.

L'idéal serait évidemment le procédé « freezing-drying » et l'inclusion dans des carbowaxes.

2. — Les réactions histochimiques employées sont de plusieurs sortes : une substance soluble et attaquable par l'Enzyme donne lieu à une coloration ou une précipitation immédiates ou développables dans un second temps, qui imprègnent le tissu à l'endroit même de leur formation. Par exemple, pour la détection d'un Enzyme hydrolysant, on met à profit soit la libération du radical acide, soit la libération du radical alcoolique ou phénolique du substrat et l'on caractérise l'un ou l'autre : si l'on veut caractériser l'acide, on peut obtenir sa précipitation immédiate sous forme d'un sel par addition d'un cation convenable — au cas où celui-ci est incolore donc invisible, on le transforme aussitôt en un sel coloré (sulfure en général) ; si l'on veut caractériser l'alcool ou le phénol (cela n'est possible que s'il s'agit d'un thioalcool ou d'un β-naphtol), on peut obtenir une précipitation immédiate au moyen de sels de métaux lourds pour l'alcool ou, pour le phénol, on peut provoquer par réaction avec des sels de diazonium la formation d'azo-dérivés intensément colorés et seuls les dérivés β-naphtoliques sont assez insolubles pour être employés en Histochimie.

Cette insolubilité, en effet, conditionne toute l'efficacité des recherches, car les principales causes d'erreurs sont dans les fausses réactions :

1. — Les réactions faussement positives peuvent être ramenées à deux facteurs — la diffusion et l'adsorption.

Que le précipité obtenu soit insuffisamment insoluble ou insuffisamment immédiat, la localisation pourra se faire ailleurs qu'au siège de la réaction ; que l'Enzyme n'ait pas été correctement fixé, il pourra diffuser soit avant, soit pendant la réaction et donner lieu à de fausses localisations.

Si certaines structures possèdent une affinité particulière pour de petites molécules comme celles qui sont libérées au cours d'une hydrolyse, elles pourront les adsorber sélectivement, même si les

solutions ne se trouvaient pas sursaturées — c'est le cas, par exemple, de la fixation du calcium par les tissus cartilagineux. De tels artefacts se produisent surtout au voisinage immédiat des localisations d'activité maximum.

C'est dire l'importance des précautions opératoires : travail à basse température, concentration du substrat, temps d'incubation, opérations-témoins de principes différents.

D'autres causes d'erreur, mineures en vérité, sont dans la présence de pigments, de calcifications préexistantes, de métaux lourds antérieurement adsorbés sur des protéines, pour ce qui est du tissu ; pour ce qui est du substrat, l'existence de contaminations bactériennes ou mycéliennes, d'oxydations ou d'hydrolyses spontanées. Des contre-épreuves, en présence d'inhibiteur ou en absence de substrat permettront aisément de déceler ces perturbations.

2. — Les réactions faussement négatives sont beaucoup plus difficiles à contrôler : elles sont principalement dues à la diffusion — diffusion de l'Enzyme en cours d'opération, diffusion du colorant ou du précipité insuffisamment insolubles, en fin d'opération. Là, toutes les précautions ne serviront de rien, c'est le procédé qui est mauvais et qui doit être réétudié sur les « modèles » précédemment décrits.

* * *

Avant de faire le point des possibilités de l'Histochimie des Enzymes, il convient de considérer l'actuelle classification des biochimistes.

I. — *Les Hydrolases* décomposent les molécules du substrat avec fixation d'eau au niveau du point de rupture. Elles comprennent : les *estérases* qui hydrolysent les liaisons des esters :

a) des acides organiques — elles prennent alors les noms suivants :
- — estérases proprement dites (esters d'acides et alcools de bas poids moléculaires) ;
- — lipases (triesters du glycérol) ;
- — cholestérolestérases (esters du cholestérol) ;
- — cholinestérases (esters de la choline).

b) des acides minéraux — elles prennent alors le nom de l'acide : phosphatases par exemple, qui, suivant les substrats hydrolysés, se divisent en phosphomono- ou di-estérases, en pyrophosphatases, en phosphamidases, nucléases, etc... ;

b) les *osidases;*

c) les *amidases;*

d) les *protéases* qui se subdivisent en :
- — éreptases : dipeptidases, aminopolypeptidase, carboxylpolypeptidase, protaminase, prolinase, protidase ;
- — protéinases : pepsinase, tryptase, catheptase.

II. — *Les Desmolases* comprennent tous les enzymes qui participent aux oxydo-réductions biologiques : déshydrases, oxydases et peroxydases, et, plus accessoirement, hydratases, carboxylases, catalases... transphérases.

De tous ces Enzymes maintenant inventoriés, seuls quelques-uns sont décelables *in situ* avec des garanties suffisantes : parmi les hydrolases presque toutes les estérases ; parmi les desmolases, presque toutes les oxydases, les peroxydases et les déshydrases.

Tous les autres sont encore à l'étude.

Parmi les estérases, ont été étudiées : les phosphatases, les 5-nucléotidases, les lécithinases, les phospho-amidases, les phosphorylases, les aldolases, les sulfatases, les cholinestérases, les estérases des esters d'acides carboxyliques, les lipases.

On ne parlera ici que des premières et des dernières qui ont donné lieu au plus grand nombre de travaux.

Les *phosphatases* constituent un groupe complexe dont l'acide phosphorique des substrats constitue pratiquement le seul lien ; la complexité s'aggrave encore du fait que, selon les conditions de milieu (pH en particulier), l'incidence d'action semble modifiée. Pour n'envisager que les phosphatases dites alcalines et les phosphatases dites acides, leurs distributions dans les tissus sont absolument distinctes. Une difficulté supplémentaire d'interprétation est due à ce que l'on doute actuellement de leur unité dans leurs classes respectives, si l'on en juge par la diversité fréquente des résultats obtenus en variant les substrats. Néanmoins, une somme considérable de données ont été réunies dont l'interprétation d'ensemble ne peut être encore qu'ébauchée.

Les *lipases* sont très discutées aussi : bien que la répartition morphologique de l'Enzyme soit liée à celle des granules cytoplasmiques en général et que la réaction soit assez régulière, il faut tenir compte de l'existence d'estérases non spécifiques dont la discrimination n'est pas toujours facile.

En somme, le problème des estérases en Histochimie, bien que très avancé n'est pas encore définitivement résolu.

Parmi les desmolases, ont été étudiées : les oxydases (cytochrome-oxydases, indophénol-oxydases, phénol-oxydases non spécifiques, tyrosinase et dopa-oxydase, amino-oxydase), les peroxydases (réactions spéciales à la benzidine, l'α-naphtol, les zinc-leucos), les déshydrases (succino-déshydrogénase, citrico-déshydrogénase).

On ne parlera ici que des deux premières qui ont d'ailleurs marqué les débuts de l'Histochimie des Enzymes :

Les *oxydases* et *peroxydases* sont connues, en effet, de longue date, mais il n'y règne pas moins une certaine confusion encore. La tyrosinase et la dopa-oxydase ne sont peut-être qu'un seul et même

Enzyme, à moins que l'un soit un précurseur de l'autre ; la cytochrome-oxydase, ou plus exactement la nadi-oxydase (du nom du réactif oxydé) donne lieu à une controverse entre les biochimistes, tenants de l'unité, et les histochimistes, tenants de la dualité ; quant aux peroxydases, si l'on croit généralement à leur spécificité, on doute de leur électivité de localisation pour des raisons d'affinités purement tinctoriales d'ailleurs ; de plus, un débat reste ouvert entre les peroxydases vraies et les pseudo-peroxydases dérivées de pigments sanguins.

Ces exemples ne sont donnés que pour souligner les difficultés soulevées par les résultats les plus objectifs !

* * *

Les impossibilités auxquelles on se heurte encore pour bien des caractérisations *in situ* peuvent être contournées par des moyens analytiques, et c'est par ces microméthodes d'Histochimie *ex situ* que l'on peut approcher de très près, comme on va le voir, la solution de la localisation ou plutôt de la distribution des Enzymes dans les tissus.

Le choix des moyens de séparation auxquels il faut recourir est d'une importance primordiale car ils sont la base de la technique analytique : celle-ci pourra être aussi fine que possible, elle restera illusoire si les séparations n'ont pas été correctement effectuées.

1. — La micro-dissection serait sans doute l'idéal, mais elle n'est possible que sur des cellules de grande taille.

2. — Le « freezing-microtome » a été beaucoup employé : dans une série de coupes d'épaisseur rigoureusement constante, faites dans une enceinte à — 20° C, on soumet à l'analyse une coupe sur deux, l'autre étant étudiée au microscope après coloration ou réaction ; le nombre de cellules de tels ou tels types est soigneusement compté sur plusieurs séries de profondeur croissante, et l'on établit une courbe de répartition de ces cellules en fonction de leur profondeur : on obtient ainsi la densité de population de chaque type cellulaire envisagé ; de même pour les coupes intermédiaires soumises à l'analyse, on établit une courbe de répartition de la substance étudiée ; puis les deux courbes sont confrontées et l'on voit ainsi avec quel type de cellules coïncident les résultats de l'analyse.

3. — L'ultra-centrifugation permet de séparer, organites par organites, les constituants cellulaires, et de pratiquer sur chaque partie une analyse séparée. Mais dans le domaine enzymologique, de telles séparations peuvent conduire à des conclusions fausses, car le fonctionnement cellulaire représente en soi l'intégration des activités de tous ses constituants ; il y a en outre des risques permanents d'échanges ou de déplacements des Enzymes au cours des manipulations.

Quelle que soit la méthode de séparation employée, la quantification des résultats requiert avant tout une évaluation précise des échantillons ; elle est bien difficile : on ne peut se baser sur la taille, le volume est difficile à mesurer, le poids semblerait le plus recommandable, mais d'évaluation délicate. Le plus souvent, on aurait avantage à rapporter les résultats à une constante compositionnelle de la cellule ou du tissu, telle que la teneur en azote total ou, mieux peut-être, la teneur en azote amino-purique ou en acide désoxyribonucléique, invariant cellulaire.

Les moyens analytiques sont micro-titrimétriques, micro-manométriques, micro-colorimétriques, les mesures finales portant sur le résultat de dégradation d'un substrat déterminé et dans des conditions précises d'action enzymatique.

A la vérité, par ces techniques histochimiques *ex situ*, on obtient plus une distribution dans les tissus qu'une localisation dans les cellules. Par contre, les résultats sont très spécifiques et très quantitatifs, ce qui ne peut être toujours espéré par les techniques *in situ* actuelles. Malheureusement, il semble bien difficile d'obtenir les deux en même temps, aussi les deux types de procédé ont-ils intérêt à être — autant que faire se peut — jumelés.

D'autres techniques semblent pouvoir conjuguer les deux avantages, ce sont :

— d'une part, les techniques histo-spectrophotométriques, par les spectres d'absorption (cytochrome, hématine) ou de fluorescence (thiamines, flavines), mais on ne connaît pas encore assez bien les spectres des Enzymes ;

— d'autre part, les techniques histo-autoradiographiques, par le moyen d'incorporations au substrat d'éléments radio-actifs ou, à l'organisme, de coenzymes radioactifs (Cu et phénolase) permettant de réaliser des réactions enzymatiques *in vivo* ; mais il y a lieu de tenir compte des effets possibles des radiations sur les Enzymes ou les réactions enzymatiques.

Dans toutes les méthodes quantitatives, il est de la plus haute importance de distinguer entre l'activité enzymatique dans les conditions cellulaires et dans les conditions optima *in vitro* d'un extrait ; de s'assurer que la somme des quantités d'Enzyme de chaque fraction cellulaire est égale à la quantité totale d'Enzyme de la cellule entière dans les mêmes conditions ; de distinguer entre la concentration propre à chaque fraction et la concentration dans la cellule entière : elles peuvent être très différentes.

* * *

En résumé et en conclusion, l'Histochimie des Enzymes a des exigences particulières qui sont plus ou moins satisfaites encore :

1° la *sensibilité* ? elle est suffisante pour ce qui est des réactions en soi, mais il faut bien tenir compte des pertes d'Enzymes qui peuvent

se produire au cours des diverses manipulations, que ce soit par diffusion ou que ce soit par inactivation ou destruction. D'ailleurs, à la lumière de ce que l'on sait sur l'état des Enzymes par rapport aux tissus — les uns libres (lyoenzymes), les autres fixés (desmoenzymes) — on ne peut guère compter retrouver que les fixés ;

2° la *spécificité* ? elle est contrôlable aisément au moyen des opérations-témoins déjà décrites, ces opérations devant toujours être menées en parallèle avec les réactions elles-mêmes ;

3° *l'exactitude* ? elle est fonction des facteurs de diffusion et d'adsorption, ou des causes d'inhibition *in situ* : c'est toute la discussion des réactions faussement positives ou faussement négatives ;

4° la *précision* ? elle est suffisante pour une localisation à l'échelle tissulaire, mais non à l'échelle cellulaire.

En réalité, à force d'entraînement à l'observation, on arrive à améliorer la valeur intrinsèque de la méthode ; d'ailleurs, en recoupant les techniques, en vérifiant les concordances, en s'appuyant sur des données statistiques, on peut affermir encore la valeur des résultats.

Il n'en reste pas moins que dans ce domaine (plus qu'en tout autre peut-être), si un résultat positif montre la présence d'un Enzyme, un résultat négatif ne prouve pas son absence ; l'un comme l'autre résultats doivent être utilisés avec prudence dans l'interprétation finale, d'autant que la spécificité d'action des Enzymes n'est pas toujours absolument rigoureuse : un même Enzyme peut attaquer plusieurs substances chimiquement apparentées, un même substrat peut être attaqué par des Enzymes différents — voilà qui laisse à méditer sur le problème de la certitude en Biologie...

P. F. CECCALDI.

RÉFÉRENCES

BRADFIELD. — The localisation of enzymes in cells. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.*, 1950, 25, 1, 113.

DANIELLI. — *Cytochemistry : critical approach.* Wiley, New-York, 1952.

GOMORI. — Microscopic histochemistry. *Principles and Practice.* Un. Chicago Press, 1952.

HOLTER, LINDERSTROM-LANG. — Micromethods and their application in the study of enzyme distribution in tissues and cells. *Physiol. Rev.*, 1951, 31, 432.

LINDERSTROM-LANG. — Distribution of Enzymes in tissues and cells. *Bull. N. Y. Ac. Med.*, 1939, 15, 720.

LISON. — *Histochimie et Cytochimie animales.* Gauthier-Villars, Paris, 1953.

PEARE. — *Histochemistry. Theoretical and applied*, Churchill, London, 1953.

VERNE. — Histologie expérimentale. *Somme de Médecine contemporaine.* Paris, 1951 254.

Loi de Serres et loi de Pavlov. Essai critique sur les idées de l'école de Gaussen

par H.-J. MARESQUELLE
Professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg

Maintenant que s'est terminé, dans l'école de Gaussen, l'important travail de Mlle DE FERRÉ sur les formes de jeunesse des Abiétacées (1), il semble opportun de discuter l'ensemble des idées de ce groupe de chercheurs. On sait que leur intention est d'expliquer les rapports entre l'ontogénie et la phylogénie en posant quelques principes quant au moment de l'ontogénie où se manifestent les caractères phylogéniquement neufs. Les graphiques présentés tant par GAUSSEN que par Mlle DE FERRÉ expriment les idées suivantes : 1° quand l'espèce est primitive, les caractères nouveaux se manifestent chez le jeune ; celui-ci apparaît donc, en opposition avec l'adulte non encore touché par le changement, comme le prophète de l'évolution à venir ; 2° chez une espèce d'évolution plus poussée, les caractères nouveaux envahissent l'adulte également, atteignant d'abord les parties végétatives et plus tard seulement les parties reproductrices ; 3° quand l'espèce est très évoluée (« surévoluée », avec retour à des apparences primitives), les nouveautés se manifestent d'abord chez l'adulte.

Ces règles font appel à un certain nombre de principes, pouvant sembler se contredire, mais ne s'appliquant en réalité que dans des conditions bien définies : loi de SERRES-Fritz MÜLLER, bien classique ; loi de PAVLOV, affirmant l'explicitation des nouveautés dans le jeune d'abord ; loi de MAZENOT, d'après laquelle ces conditions s'inversent en cas d'évolution très poussée (d'où explicitation d'abord dans l'adulte) ; enfin l'idée de GAUSSEN, d'après laquelle la vie sexuelle est réfractaire aux innovations évolutives.

Le titre de cet article indique son intention : un essai d'interprétation de l'école de Gaussen avec deux principes seulement (SERRES et PAVLOV), en somme un effort d'économie d'hypothèses. Il y a donc une partie positive, analysant la valeur des deux principes posés et situant l'apport de l'école de GAUSSEN ; mais aussi une partie critique, justifiant le refus provisoire d'autres principes.

Les deux principes

On limitera ici le sens des lois de SERRES et de PAVLOV à l'indication des dates d'explicitation des caractères nouveaux. C'est dire qu'on négligera des éléments accessoires, telle l'idée de récapitulation

(1) Thèse Sciences Toulouse, 1952 ; et Trav. Labor. forest. tome II, 1, vol. III article 1er.

de la phylogénie dans l'ontogénie : cette idée, fort contestée, ne doit pas encombrer inutilement la discussion. On sait que les apparences de récapitulation sont fréquentes : évidemment, quand un caractère nouveau apparaît spécifiquement chez l'adulte, le jeune, qui en est exempt, évoque un rappel ancestral ; mais, d'accord avec DE BEER (1), il est sage de dire que le jeune, ne portant pas l'aspect nouveau, ressemble au jeune de l'ancêtre plutôt qu'à l'ancêtre lui-même : ainsi une plantule d'*Opuntia*, avec son hypocotyle et ses cotylédons normaux, est semblable à la plantule des plantes banales dont dérivent les Cactées ; c'est par une vue tout à fait arbitraire qu'on lui attribuerait une ressemblance avec les ancêtres *adultes*. Il s'agit en somme de la permanence du type jeune ancestral et non d'une récapitulation.

Ainsi la loi de SERRES affirme la manifestation *tardive* du caractère nouveau, donc son explicitation chez l'adulte ; à quoi se rattache ensuite l'accélération du développement ou tachygenèse, c'est-à-dire la réalisation plus précoce (ou tout au moins plus directe) de l'aspect nouveau.

La loi de PAVLOV au contraire affirme l'explicitation *précoce* du caractère nouveau. Après cette première phase d'évolution, où le jeune est seul porteur de la nouveauté et se présente donc comme le prophète de l'avenir de la race, diverses éventualités peuvent se présenter dans l'évolution qui suit : ou bien la nouveauté envahit l'adulte (ce qui peut se produire par une avance de la maturité sexuelle), il y a alors néoténie ; ou bien encore l'innovation apparue dans la jeunesse a des conséquences morphogénétiques importantes, qui amplifient son incidence dans les phases ultérieures de la croissance, et donnent à cet événement de jeunesse une grande efficacité évolutive.

La famille des Cactées montre de façon instructive la juxtaposition de validité des deux principes.

1. LOI DE SERRES. — Chez *Opuntia* la plantule est encore banale, tandis que l'adulte manifeste déjà la succulence et la caducité foliaire précoce ; les *Cereus* vont plus avant (avortement foliaire très précoce), et en même temps, par tachygenèse, une partie des nouveautés s'exprime déjà dans la plantule (il n'y a plus de plantule de type banal) ; les *Mamillaria* développent les sous-bassements foliaires en mamilles, mais les plantules passent encore par un état semblable à la plantule de *Cereus* et allongent ensuite leurs mamilles ; chez les *Phyllocactus*, l'adulte innove derechef par aplatissement de la tige et perte de succulence et spinescence, mais le jeune passe souvent par une phase *Cereus*. Chez les *Rhipsalis*, l'accélération est très poussée.

2. LOI DE PAVLOV. — Des Cactées sans feuilles (*Cereus*, *Phyllocactus*) présentent souvent des feuilles à la base des fleurs ; ainsi la floraison s'accompagne de retour à un aspect ancestral, tandis que les caractères neufs se manifestent seulement avant.

---

(1) DE BEER. *Embryos and ancestors*, Oxford, 1940.

En somme chez les Cactées, les acquisitions morphologiques si spéciales à la famille caractérisent un âge moyen : si l'on compare à la plantule, cela suggère la loi de SERRES ; si l'on compare à la région florale, cela suggère la loi de PAVLOV. L'acquisition nouvelle s'irradie ensuite vers l'avant et vers l'arrière, en sorte que, chez des types suffisamment évolués, la plantule et les zones florales peuvent ne plus présenter d'aspect ancestral.

On retrouve la loi de SERRES chez un certain nombre de xérophytes dont les structures spéciales se réalisent dans l'âge mûr et semblent remonter ensuite vers le jeune, par tachygenèse : on citera des plantes épineuses comme *Ulex*, *Berberis*, *Colletia*, présentant des stades jeunes non spinescents. C'est vrai aussi des avortements foliaires : cas de *Genista sagittalis*, *Lathyrus Aphaca;* chez ce dernier, le jeune présente encore des folioles, l'adulte n'a plus que les stipules et les vrilles.

La loi de PAVLOV, d'autre part, se vérifie chez les plantes à évolution thalloïde des organes végétatifs : Lemnacées, Podostémonacées, Hépatiques à thalle (1). Au moment de la vie sexuelle réapparaissent éventuellement des feuilles, ou tout au moins le point végétatif de tige ; tandis que dans la vie végétative thalloïde l'usage de ces formes et de ces fonctionnements s'était perdu.

Il existe une interprétation simple de ces faits : on dira qu'aucune loi n'impose aux caractères nouveaux de se montrer d'abord chez le jeune ou d'abord chez l'adulte ; ce qui fait que l'un se montre à tel âge et l'autre à tel autre, c'est que seuls ont réussi dans la sélection naturelle les caractères utiles, plus exactement les caractères qui se manifestent à l'âge où ils peuvent être utiles ; cela revient à dire que l'âge d'explicitation ne peut être que l'âge de la valeur sélective optima. Si l'on applique cette idée aux xérophytes, on dira que l'adaptation à la sécheresse caractérise les organes végétatifs adultes ; les plantules ne sont jamais adaptées, la germination exige toujours l'eau ; la fleur de même, toujours éphémère, ne s'adapte pas davantage. Les caractères nouveaux s'épanouissent donc dans les organes végétatifs adultes : apparition tardive par rapport à la plantule (loi de SERRES), mais précoce par rapport à la fleur (loi de PAVLOV).

Dans certains cas, des adaptations spéciales se développent chez le jeune : on connaît les plantules en massue des Rhizophoracées, tombant avec racine en bas et s'enfonçant dans la vase. DE BEER considère les formes larvaires comme des adaptations de jeunesse : larves *Nauplius* ou *Zoé* des Crustacés supérieurs, servant à la dissémination pélagique ; cette idée est d'ailleurs plus frappante encore dans le cas des larves *Phyllosomes* de Langoustes ; car pour les *Nauplius* on peut tout de même penser à un rappel ancestral, ou tout au moins à un type de larve très ancien parce que répandu dans beaucoup de groupes de Crustacés ; mais avec les *Phyllosomes* de Langoustes, il est évident

(1) Voir notamment CHADEFAUD, *Rev. Scientif.*, 1940, p. 176.

qu'on est en présence d'une vraie nouveauté, favorable à la vie pélagique de jeunesse : progrès évolutif manifesté chez le jeune et lui seul, en liaison avec une fonction biologique de grande importance.

Si donc on fait appel à un principe de sélection, c'est-à-dire en somme d'utilité, on peut penser avec DE BEER qu'il n'existe pas de loi générale quant au moment d'explicitation des caractères nouveaux. Ainsi les deux lois sont vraies côte à côte, applicables l'une à certains cas, l'autre à d'autres cas.

L'idée d'une prééminence de la loi de Pavlov

Plusieurs études récentes tendent à exalter l'importance de la loi de PAVLOV. DE BEER, invoquant les conséquences de cette loi (soit par néoténie, soit par déviation précoce du développement embryonnaire), y voit un principe fécond de macro-évolution. GAUSSEN, et à sa suite M[lle] DE FERRÉ, sont d'accord avec ce point de vue (ils décrivent l'application de cette loi pour les phylums jeunes, capables de processus évolutifs considérables) ; mais ils vont beaucoup plus loin : d'une part, ils font une place bien plus grande en fait à la loi de PAVLOV qu'à celle de SERRES, car le schéma qu'ils adoptent envisage: loi de PAVLOV pour phylum jeune, puis manifestation du caractère nouveau à tout âge, enfin chez les phylums beaucoup plus âgés seulement, une sorte de retour à la loi de SERRES sous le nom de loi de MAZENOT; en fait, le terme « loi de SERRES » se raréfie beaucoup dans le vocabulaire de ces auteurs, spécialement chez M[lle] DE FERRÉ. Il s'ensuit que les faits banals de conformité à la loi de SERRES, rappelés ci-dessus, deviennent difficiles à comprendre dans cette doctrine.

Mais d'autre part, et surtout, GAUSSEN et DE FERRÉ s'opposent à l'idée d'une date d'explicitation laissée au hasard (donc régie seulement par la sélection) : c'est pour eux une loi naturelle qu'un caractère nouveau tend à se manifester d'abord chez le jeune plutôt que chez l'adulte.

On pourrait être tenté de reprocher à M[lle] DE FERRÉ une pétition de principe ; car elle dit dès les premières pages de sa thèse avoir exclu de son étude les caractères ne se manifestant que chez l'adulte. A vrai dire cette précaution est nécessaire : il est entendu qu'il y a des caractères se rapportant à telle ou telle phase du développement ; mais seuls ceux qui ont la possibilité de s'exprimer à plusieurs phases ont des chances de montrer quelle est la date privilegiée. Il s'ensuit d'ailleurs que ces études ne se font commodément que sur des êtres à structure métamérique : si les mêmes organes se répètent périodiquement, on peut reconnaître si un caractère se montre de préférence dans les premiers ou dans les derniers métamères ; ainsi MAZENOT a pu défendre fortement la loi de PAVLOV par ses études sur les Ammonites (1), dont la métamérie comporte une longue succession de loges de la coquille ; de même BULMAN (2) trouve dans la succession pério-

(1) *Bull. Soc. Linn.*, Lyon, mai 1940, p. 75-80.
(2) *Biological Reviews*, VIII, p. 311-334, Cambridge, 1933.

dique des zoïdes de Graptolithes certains faits favorables à la loi de Pavlov (caractères nouveaux apparaissant d'abord uniquement dans les zoïdes de base, sans envahir encore la colonie tout entière ; mais il faut noter aussi un fait différent : quand l'évolution devient régressive, ce sont les zoïdes de formation tardive qui manifestent les premiers l'innovation régressive). De même les études de Gaussen sur les Plantes, et plus spécialement celles de M[lle] de Ferré sur les Abiétacées, s'adressent encore à des structures métamériques, puisqu'on compare les feuilles ou les entre-nœuds aux divers niveaux.

Une autre condition du succès dans la recherche d'une date d'explicitation des caractères est de choisir des caractères de valeur sélective faible, afin d'éliminer l'influence de la sélection envisagée plus haut. A cet égard les études de M[lle] de Ferré portent sur un matériel assez favorable, car les caractères étudiés ne doivent pas avoir d'importance capitale dans la lutte pour la vie : il s'agit de types morphologiques de feuilles et de rameaux ; longueur, section, pointe, indentations marginales des feuilles ; disposition des stomates et cellules stomatiques, anatomie du sous-épiderme et du parenchyme ; situation des canaux résinifères et leur répartition entre la catégorie principale et la catégorie accessoire ; festonnage de l'endoderme ; abondance du tissu de transfusion ; composition du faisceau conducteur et présence ou absence de fibres ; persistance des feuilles.

La difficulté consiste à déterminer le sens d'évolution. On peut faire grande confiance à la connaissance profonde qu'a Gaussen de la systématique du groupe, ainsi qu'à son accord avec d'autres systématiciens et morphologistes. Mais on sait combien les vues phylogéniques sont sujettes à changement ; aussi devra-t-on pourtant garder dans l'avenir une certaine prudence.

Quelques critiques

Deux points de la doctrine de Gaussen me paraissent contestables.

1. Je vois une certaine confusion dans la présentation et l'application de la loi de Mazenot. Sans doute chez un groupe fossile, dont on connaît toute l'histoire, peut-on parler d'une fin de phylum. On peut donc observer chez les Ammonites, groupe éteint, une différence entre le début et la fin du phylum : les nouveautés évolutives s'explicitant de préférence chez le jeune quand le phylum lui-même est jeune, et de préférence chez l'adulte quand le phylum approche de la fin. Mais si les observations de Mazenot doivent être étendues à des lignées vivantes, on ne peut plus juger quand un phylum touche à sa fin. Gaussen introduit alors la notion de surévolution et la tient pour équivalente à celle de vieillesse de phylum. Mais c'est là qu'on ne peut plus le suivre, car les cycles d'évolution et surévolution se succèdent sans cesse et ne sont nullement solidaires du pouvoir évolutif du phylum. Gaussen a trop bien marqué par ailleurs l'importance des cycles de contraction qui mènent de la fleur à l'inflorescence, à l'in-

florescence contractée, à l'inflorescence mimant une fleur, pour qu'on puisse voir dans la surévolution l'apanage d'un phylum à son déclin. D'ailleurs ce qui est évolution par rapport à l'antécédent immédiat peut fort bien être surévolution si l'on pense à un antécédent plus lointain: GAUSSEN, FLOUS (1), DE FERRÉ considèrent la structure à feuilles éparses (euphylles du Sapin) comme plus évoluée que la structure à feuilles groupées sur rameaux courts (pseudophylles des Pins) ; mais pourquoi ne pas désigner les euphylles des Sapins comme surévoluées, si l'on pense à des ancêtres suffisamment éloignés des Abiétacées, parmi lesquels la structure à euphylles, banale entre toutes, a bien des chances d'avoir été la règle ?

En raison de la valeur toute relative du terme de surévolution, je ne crois donc pas possible de distinguer de façon absolue des espèces évoluées et des espèces surévoluées, pour appliquer la loi de PAVLOV aux premières et la loi de MAZENOT aux secondes. Je pense qu'on ne devrait discuter la loi de MAZENOT que pour les groupes dont on connaît le commencement et la fin.

2. GAUSSEN cherche à expliquer la loi de PAVLOV par son idée de la tendance conservatrice de la phase sexuelle de la vie. En voici un exemple entre beaucoup : M[lle] DE FERRÉ observe une curieuse succession de structures chez les rameaux d'*Abies* porteurs de cônes, avant le cône un type primitif (notamment pour les canaux sécréteurs et pour la forme foliaire) ; ensuite, après le cône, retour au type évolué, déjà connu dans la jeunesse et sur les organes non florifères. GAUSSEN et DE FERRÉ interprètent cette succession en admettant que le rameau qui se prépare à fleurir subit l'influence sexuelle, donc a une morphologie primitive, tandis qu'après la floraison il redevient végétatif et évolué (2).

Bien entendu les cas cités plus haut à l'appui de la loi de PAVLOV (production de feuilles au moment de l'activité sexuelle, chez des plantes à organes végétatifs plus ou moins thalloïdes) sont interprétés par lui dans l'esprit de son hypothèse : au moment de l'activité sexuelle, seuls peuvent se réaliser des organes ou des structures d'acquisition déjà ancienne.

Il y a dans cette idée de GAUSSEN un élément descriptif très juste et de grande importance : on observe effectivement au voisinage de la fleur des aspects morphologiques spéciaux, contrastant avec les parties végétatives de la plante ; il existe donc ce qu'on peut appeler une *région florale*.

Mais je voudrais contester deux assertions de GAUSSEN, en défendant au contraire les deux thèses suivantes :

a) La morphologie de la région florale n'est que très dubitativement attribuable à une influence sexuelle actuelle ;

(1) Thèse Sc. Toulouse, 1936, et Tr. Lab. Toulouse, 1, 2, XVII, 1936.
(2) GAUSSEN. *Les Gymnospermes actuelles et fossiles*, VIII, p. 217, 109. 101, Toulouse, 1950-1952.

b) La région florale présente très souvent une structure beaucoup plus évoluée que la région non florale.

a) Le premier point est peut-être en partie une question de langage. L' « influence sexuelle » évoquée par GAUSSEN est dans son esprit une imprégnation hormonale. Cette manière de voir est certes à la mode, elle n'en est pas moins contestable. L'importance des hormones sexuelles dans le groupe très spécial que sont les Vertébrés ne doit pas en imposer au biologiste en général ; le comportement variable des Invertébrés ne peut qu'encourager le botaniste à la prudence. Les « hormones de floraison » dont on aime à supposer l'existence pour rendre compte des actions de la photopériode ou de la vernalisation, n'ont pu être isolées ; leur généralité demeure contestable, le mécanisme des actions qu'on leur attribue reste obscur. La grande diversité que présentent, en général, les mécanismes des corrélations s'exerçant entre deux parties de la plante, invite encore à beaucoup de prudence. A coup sûr, quand l'aptitude florale se transmet d'un méristème à tous ceux qui en dérivent, le mécanisme est bien plus complexe ; et l'action hormonale, là où elle existe, ne peut en être qu'un aspect. Le langage employé par GAUSSEN me paraît donc un peu osé.

Mais il y a plus. Les actions physiologiques (hormonales ou autres) favorables à la floraison ont-elles vraiment un lien direct avec la sexualité ? En vérité nous ne savons pas si elles déclenchent d'abord une activité sexuelle invisible, et ensuite, par contre-coup, la morphogenèse propre à la région florale, ou bien si elles provoquent d'abord une morphogenèse spéciale, et ensuite la floraison avec la vie sexuelle.

Je commenterai cette idée en évoquant les études faites dans mon laboratoire par Mme CHAMPAGNAT sur les formes de croissance des Linaires (1) : chez plusieurs d'entre elles la « région florale » est caractérisée par des feuilles étroites et une phyllotaxie complexe (à hélices foliaires nombreuses), tandis que la région non florale a des feuilles larges à disposition plus banale. Or chez les espèces où ce couplage est étroit, les actions favorables à la floraison créent une « région florale », dans laquelle apparaissent ensuite les fleurs. On sait trop bien les actions multiples exercées par la photopériode sur toute la vie végétale, pour se permettre de conclure hâtivement au caractère vraiment sexuel du phénomène.

b) Que la région florale soit très souvent d'un type morphologique plus évolué que le reste de la plante, c'est un fait tout à fait simple et banal, que GAUSSEN pourtant semble parfois perdre de vue. Sans s'attarder à l'exemple précédent des Linaires, où la morphologie de la région florale n'a pas de raison d'être tenue pour un rappel ancestral, j'évoquerai plutôt l'aspect le plus répandu de la région florale, c'est-à-dire l'inflorescence. GAUSSEN a si bien décrit les contractions d'inflorescences (Euphorbes, Composées...), qu'on ne peut douter qu'il

(1) *Soc. botan. Fr.*, Mémoires : 1950-1951, p. 116 ; 1952, p. 166.

envisage, comme tous, l'inflorescence comme siège d'évolutions actives : celles-ci conduisent souvent au « télescopage », mais souvent aussi à des formes foliaires nouvelles, bractées très réduites ou même absentes ; ces formes sont des adaptations acquises dans l'évolution inflorescentielle, et non des permanences ancestrales, car personne ne peut penser par exemple que la grappe sans bractées des Crucifères soit une résurgence d'un état aphylle ancestral.

En somme, quand l'évolution a porté activement sur les adaptations végétatives (Succulentes comme les Cactées, Thalloïdes comme les Podostémonacées, Lemnacées, Hépatiques à thalle), la région sexuelle est en retard et semble bien justifier l'idée de GAUSSEN ; mais dans les cas, sans doute beaucoup plus nombreux, d'une évolution inflorescentielle très poussée, la région florale est en avance sur le reste de la plante et n'enseigne plus rien sur le passé (elle ne permet pas d'ailleurs d'en dire davantage sur l'avenir). GAUSSEN envisage de soumettre le problème à l'expérience. Je pense que, comme dans le cas des Linaires, l'usage de conditions favorables à la floraison doit confirmer souvent des couplages étroits entre floraison et morphologie de la région florale, vraisemblablement aussi bien dans les cas (favorables à GAUSSEN) où la région florale est archaïque, que dans les cas où elle porte des structures nouvelles ; mais ces couplages sont certainement très variables d'une espèce à l'autre (on le voit déjà chez les Linaires).

Conclusion

Je pense que pour juger l'œuvre de l'école de GAUSSEN, il est sage de faire provisoirement abstraction de deux idées encore insuffisamment fondées (interprétation de la loi de MAZENOT avec l'idée de surévolution ; et influence conservatrice de la sexualité). Ce qui reste, c'est, tant dans la thèse récente de M[lle] DE FERRÉ que dans des exposés déjà anciens mais spécialement lucides de GAUSSEN (1), un très beau travail pour la défense de la loi de PAVLOV. Sans doute faut-il faire encore quelques réserves sur les sens d'évolution des caractères. Mais la méthode est bonne : il faut choisir des caractères capables de laisser voir une tendance à l'explicitation soit précoce soit tardive, donc exclure les caractères liés par nature à une manifestation tardive, et préférer ceux qui sont capables de répétition métamérique. L'exploration du monde végétal dans cet esprit sera un très grand travail ; mais il vaut la peine de voir si vraiment la loi de PAVLOV est une tendance biologique essentielle, et si effectivement elle peut élargir nos possibilités d'expliquer l'évolution, grâce à la puissance de changement que recèlent (par néoténie pu par déviation du développement) les mutations à efficacité dès le tout jeune âge.

H. J. MARESQUELLE.

---

(1) *Rev. génér. des Sci.*, XLVIII, p. 293, 1937.

A propos des lois de l'Evolution

par H. GAUSSEN

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse

Dans l'article ci-dessus, M. Maresquelle fait une intéressante critique des opinions que depuis 1937 je défends sur le processus de l'évolution. Je rappelle que c'est dans cette Revue que j'ai publié plusieurs articles sur la question.

Je suis très heureux de pouvoir discuter son interprétation qu'il m'a aimablement précisée dans une lettre.

M. Maresquelle se méfie de la loi de Mazenot, bien qu'il la tienne valable dans le cas des Ammonites et il fait un essai d'explication sans la faire intervenir. Il prend comme exemple les Cactées pour lesquelles j'ai émis l'opinion que la succulence était un caractère surévolué. A ce propos, il serait bon de s'entendre sur le mot « jeune ». La plantule et ses cotylédons sont pour moi le simple développement de l'embryon et le jeune commence à la tige qui se forme au-dessus des cotylédons, à l'axe épicotylé. Je n'ai pas étudié suffisamment les Cactées pour engager à fond la discussion, mais je crois que la loi de Mazenot s'applique. Essayer d'utiliser uniquement les lois de Serres et Pavlov donne une solution boiteuse. Pourquoi est-ce tantôt l'une qui s'appliquerait (xérophytes) tantôt l'autre (plantes thalloïdes) ? Ce n'est pas logique (ce qui ne prouve pas que j'aie raison), mais si on admet que xérophytisme, succulence, caractère thalloïde, sont des caractères de surévolution, la loi de Mazenot explique de façon satisfaisante. Pourquoi se refuser à expliquer par un procédé qui donne un bon résultat (1) ?

A la page 6, M. Maresquelle indique que je tiens la notion de surévolution comme équivalente à celle de vieillesse du phylum. Ici, il faudrait évidemment un langage différent quand on parle des grands phylums et des caractères étudiés dans un phylum élémentaire.

Dans un groupe comme celui des Vertébrés, il y a relaiement et non cycles successifs. Pour les groupes Batraciens, Reptiles, Oiseaux, Mammifères, je crois qu'on peut parler de stade primitif, évolué et même surévolué (2) qui se confond parfois, mais pas toujours, avec la sénilité. Je m'explique : le grand phylum des Reptiles a, en gros, un stade primitif, un stade évolué : lors du grand épanouissement des formes, un stade sénile quand il s'éteint par les animaux géants (*Diplo-*

(1) Je ne me méprends pas sur le sens du mot expliquer. Il s'agit de connaître les processus de l'évolution et nous sommes loin de connaître le pourquoi.

(2) L'Ichthyosaure me paraît répondre à la définition d'un type surévolué.

doccus, etc.). Mais le type Ichthyosaure est un type surévolué ramenant au type Poisson en même temps que sénile par sa polydactyle par exemple.

Chez le grand phylum des Mammifères qui relaie au Tertiaire l'épanouissement des Reptiles du Secondaire, le Dauphin me paraît surévolué ramenant au type Poisson, mais il est moins sénile que la Baleine surévoluée mais aussi atteinte du gigantisme de fin de phylum.

Chez les Conifères : Paléoconifères sont primitives, les *Juniperus* évolués, les Araucarias surévolués. Il n'y a pas de cycles successifs. Les Cycadales ont des types surévolués et aussi des types séniles.

Dans les phylums élémentaires la sénilité doit être soigneusement séparée de la surévolution. Ici, il s'agit de cycles successifs. Dans l'exemple cité pour les Ammonites, le *Dalmasiceras Aristidis* est surévolué, il n'est pas sénile, mais le retour au type Cératite chez *Dalmasiceras Dalmasi* est sénile (Traité des Gymnospermes, fig. 89). Inutile de dire qu'il y a des cas bien complexes et que les limites ne sont pas toujours très tranchées.

A la page 7, M. Maresquelle ne voudrait essayer la loi de Mazenot que pour les groupes dont on connaît le commencement et la fin. Ce serait évidemment mieux, mais si elle s'applique réellement, pourquoi ne pas l'envisager chez les groupes qui ont manifestement un long passé ? La vieillesse et la sénilité me paraissent certaines pour bien des caractères des Cycadales, des Ginkgoales, des Casuarines.

Il trouve la structure à euphylles banale entre toutes et c'est notre avis puisque nous en faisons la structure normale du monde actuel qui est évolué dans son ensemble. Nous disons que la structure à écailles est primitive chez les Conifères. On la trouve chez les Paléoconifères alors que les aiguilles simples du type Abies y sont très rares. J'ai toujours réservé les idées de surévolution à des groupes ayant un long passé. Chez les Abiétacées (M[lle] de Ferré, p. 201 *in fine*) nous n'en parlons que très rarement, car ce n'est pas un groupe très ancien et nous ne sommes nullement tentés de supposer que la feuille d'*Abies* soit surévoluée.

Enfin M. Maresquelle veut être très prudent dans l'emploi du mot sexuel et voudrait dire floral. Je ne crois pas à une distinction complète entre soma et germen, il me paraît cependant que « l'influence sexuelle » n'est pas répartie indifféremment. Greffez un rameau stérile de Sapin, il mettra très longtemps avant d'avoir des cônes (20 ou 30 ans), greffez une flèche : les cônes viendront très rapidement. Je crois pouvoir dire que la flèche contient plus de possibilités de faire des organes sexuels que le rameau végétatif. Je crois qu'il y a réellement une « influence sexuelle ».

Je ne crois pas prouvé que le floral évolue parfois plus vite que le reste. Il peut évoluer vite, peut-être, mais après que le végétatif a parcouru sa course évolutive. Dans le floral je ne parle guère que de la partie sporophytique, car le gamétophyte a une évolution d'une majestueuse lenteur.

Je crois très fructueuse des discussions amicales comme celles de ces quelques pages. Le malheur est que dans la complexité des phénomènes naturels le naturaliste n'est jamais à court d'explications. J'ai soumis en détail l'édifice, que j'avais en partie imaginé, à la rigueur des faits étudiés par Mlle DE FERRÉ. Il y a eu quelques retouches, mais l'ensemble me paraît solide, dans les groupes étudiés. Il faut maintenant s'attaquer patiemment à d'autres groupes.

H. GAUSSEN

LES LIVRES REÇUS

BADER et GODOT. — Les Fontes spéciales (Eyrolles, Paris).

BOULIGAND (G.) et RABATE (G.). — Initiation aux méthodes vectorielles (Vuibert, Paris). 950 francs.

CARRAYOU (A.). — Modèles mécaniques des actions électriques et magnétiques à distance (Vigot, Paris). 350 francs.

CHAMPETIER (G.). — Dérivés cellulosiques (Dunod, Paris).

DELACHET. — La Résistance des matériaux (Coll. « Que sais-je ? », Presses Universitaires de France Paris).

DELAY (Jean). — Etude de psychologie médicale (Presses Universitaires de France, Paris) 800 fr.

DELHAYE (Jean). — Astronomie stellaire (Coll. Armand Colin, Paris). 260 fr.

DEYSSON (Guy). — Eléments d'anatomie des Plantes vasculaires (S. E. D.-E. S., Paris). 1.300 francs.

DIOLE (Philippe). — L'Exploration sous-marine (Coll. « Que sais-je ? » P. U. F., Paris).

FLAD (J.-P.). — L'extraction automatique de la racine carrée (CIMAB, Paris).

FLEURY (R.) et MATHIEU (J.-P.). — Mécanique Physique (Eyrolles, Paris). 2.900 francs.

FORTET et BLANC-LAPIERRE. — Théorie des fonctions aléatoires (Masson, Paris).

FRANCOZ (Paul). — Mémento des Brevets d'invention (SPID, Paris). 283 fr.

FYOT (Jean-Louis). — Dimensions de l'Homme et Science économique (Presses Universitaires, Paris). 1.400 francs.

GARNIER (René). — Cours de Cinématique. Tome I . Cinématique du point et du solide. Composition des mouvements (Gauthier-Villars, Paris). 4.000 fr.

GHILARDI (P.). — Eléments de théorie des machines frigorifiques (Eyrolles, Paris). 790 francs.

HARANT (Hervé). — Les Epidémies (Coll. « Que sais-je ? », P. U. F., Paris).

IVANOFF (Alexandre). — Les aberrations de l'œil. Leur rôle dans l'accomodation (Ed. de la Revue d'Optique, Paris). 560 francs.

MATISSE (Gorges). — L'Incohérence universelle. Les logiques du réel et les lois de la nature (Presses Universitaires, Paris). 1.000 francs.

MORAND (M.) et VASSY (Mme A.). — Colloque sur la sensibilité des cristaux et des émulsions photographiques (Ed. de la Revue d'Optique, Paris).

Le faciès littoral du Trias dans l'aire de sédimentation luxembourgeoise

par Michel LUCIUS

Le pays de Luxembourg comprend, du point de vue morphologique, deux régions naturelles aux formes de relief contrastantes : l'Œsling qui constitue une partie du massif plissé de l'Ardenne dévonienne et le Gutland, constitué par l'enveloppe sédimentaire triasique et jurassique, failleuse ou légèrement inclinée qui recouvre le Dévonien affleurant dans l'Œsling.

Là où le soubassement dévonien se relève au jour sous les couches de couverture secondaire 2 se trouve aussi la limite naturelle des deux régions, de sorte qu'il y a coïncidence des caractères morphologiques et de la constitution géologique des deux régions.

Cette disposition actuelle du Triasique et Jurassique luxembourgeois en zones concentriques en régression vers le S W et encadrées entre l'Ardenne et le Hunsruck dévoniens faisait longtemps prévaloir la conception erronée que l'aire de sédimentation secondaire du Luxembourg forme un golfe s'ouvrant vers le S W et constituant un diverticule du Bassin de Paris coincé entre les deux massifs dévoniens. Cette conception est, au moins pour le Triasique, en contradiction avec la répartition du faciès littoral du triasique et avec la paléogéographie.

Au Trias, le Bassin de Paris n'existait pas encore ; cette région faisait, à cette époque, partie du continent franco-ardennais. Le fait que l'aire de sédimentation du Luxembourg et de la Lorraine n'avait pas de relation avec l'aire d'ennoyage qui se formait *dès le début du Jurassique* et qui constitue le Bassin de Paris, avait déjà été entrevu par Elie de Beaumont qui caractérisait le Trias lorrain, comme une portion du sol germanique qui fait incursion au milieu de nos départements (explic. de la carte géologique de la France, tome II, p. 7).

C'est Léopold van Werveke qui constatait, dès 1887, le fait que la limite d'aujourd'hui du Triasique au bord de l'Œsling n'est pas une limite de rivage, mais une *limite d'érosion*. Mais l'auteur signale seulement ce fait sans chercher à fixer les rivages primitifs des diffé-

rents dépôts triasiques. (L. van Werveke, *Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der südlichen Hälfte des Grossherzogtums Luxemburg*.

Dans une note de 1910, L. van Werveke revient à la question et il cherche à fixer les limites de dépôt du grès bigarré et du Muschelkalk. Il mentionne la présence du facies littoral du Grès bigarré dans différentes localités luxembourgeoises et lorraines. Il constate que dans l'Eifel, le bord littoral du Grès bigarré se trouvait non loin de la limite occidentale actuelle du Golfe de Commern (Bucht von Commern) et que le Grès bigarré disparaît à l'ouest de Prum.

Après avoir fixé la présence du faciès littoral du Muschelkalk, il arrive à la conclusion que le rivage de la mer du Grès bigarré et du Muschelkalk n'avait pas une direction S W - N E comme on pourrait le supposer d'après l'extension actuelle du Trias au bord méridional de l'Ardenne et de l'Eifel, mais que le rivage avait une *direction méridienne*.

Mais si l'auteur mentionne par des faits précis la présence d'un faciès littoral du Grès bigarré de *direction méridienne* dans l'Eifel, le Luxembourg et la Lorraine, il n'insiste pas sur les causes de la délimitation actuelle de direction S W - N E du Triasique et ne touche pas la question des changements paléogéographiques qui ont provoqué la situation ancienne et l'état de chose actuel.

Nous allons d'abord esquisser brièvement la paléogéographie de notre aire de sédimentation et des régions avoisinantes au début, des temps mésozoïques.

Par les mouvements orogéniques hercyniens, l'Ardenne, le Massif Rhénan et le Continent français (c'est-à-dire la région du Bassin de Paris) avaient été exondés et ajoutés au Continent dévonien. Dans cette longue période continentale, la chaîne des plis hercyniens s'émoussait aux formes d'une *pénéplaine*. Les dépôts formés au cours de ces temps comprennent des éléments détritiques provenant de la dégradation du relief existant et qui forment le « Rotliegendes » ou « New Red ». En Lorraine et dans le Bassin de la Sarre, ces dépôts *d'âge permien*, sont représentés par des niveaux continentaux à patine rouge accumulés dans des aires de subsidence.

Les dépôts du « Rotliegendes » devaient aussi exister dans notre pays, car notre Grès bigarré est formé d'éléments remaniés du « Rotliegendes ». Mais ces dépôts ont été abrasés dans la suite en bonne partie par la transgression triasique. Cependant, à l'occasion de la réfection du forage Kind à Mondorf-les-Bains, au courant des années 1946 et 1947, j'ai pu constater l'existence du Permien, en discordance sur le Dévonien, entre 699, 60 et 692 m. de profondeur (surface du sol + 194 N. N.).

Rappelons ici que la *dégradation* en pénéplaine des massifs hercyniens a été accompagnée ou suivie de *vastes ondulations épirogéniques* de direction transversale par rapport à la direction des plis, formant

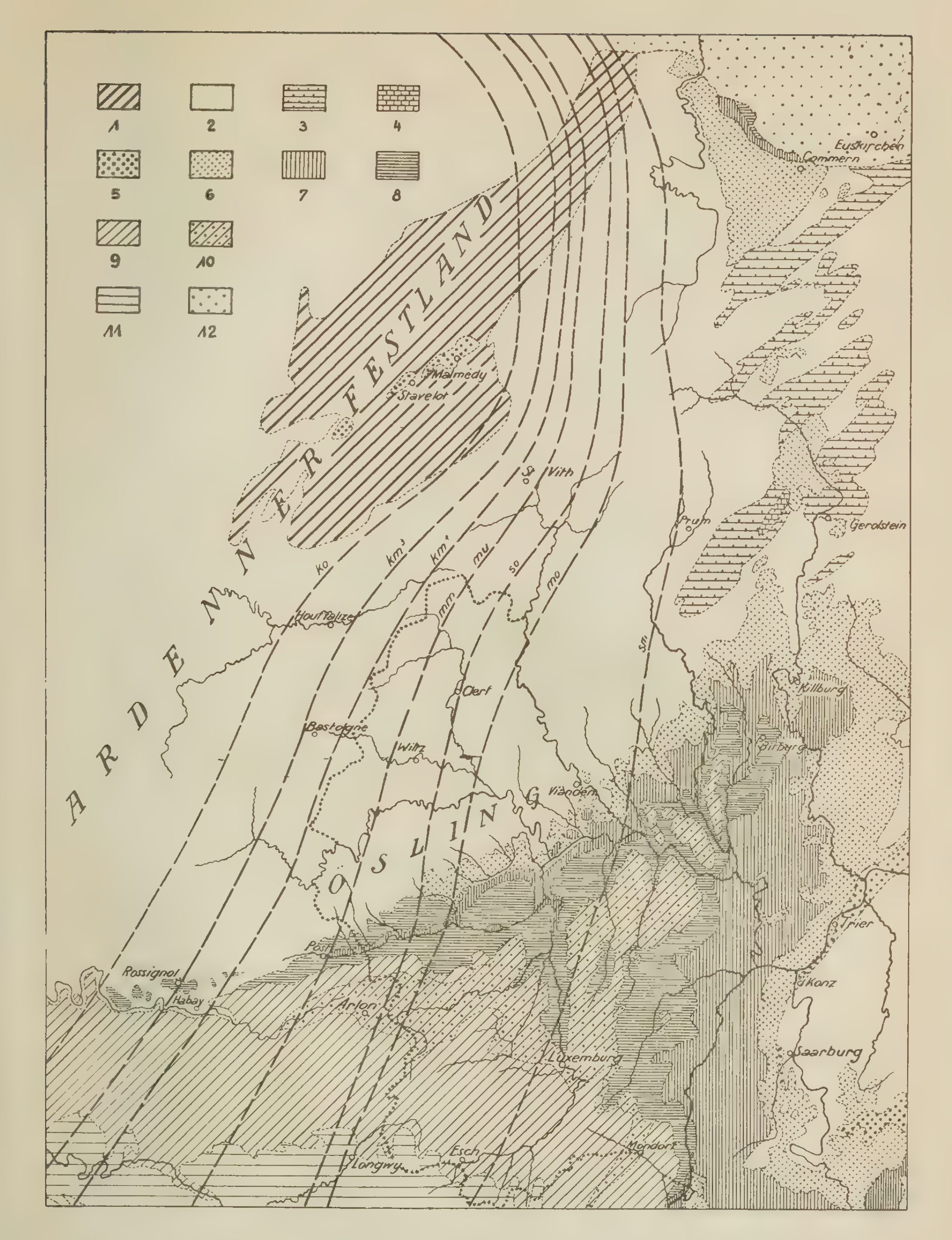


Planche I : Direction générale des lignes de rivage du bord occidental de la mer triasique dans la dépression eifelienne — — — —

Lignes de rivage : sm = à l'époque du Grès des Vosges ; so = à l'époque du Grès bigarré ; mu, mm = à l'époque du Muschelkalk inférieur et moyen ; mo = à l'époque du Hauptmuschelkalk ; km¹ = à l'époque du Keuper à pseudomorphoses ; km³ = à l'époque du Keuper à marnolites ; ko = à l'époque du Rhétien.

1 = Cambro-silurien, 2 = Dévonien inférieur ; 3 = Dévonien moyen ; 4 = Dévonien supérieur ; 5 = Permien ; 6 = Grès bigarré ; 7 = Muschelkalk ; 8 = Keuper ; 9 = Lias en général ; 10 = Grès de Luxembourg ; 11 = Dogger ; 12 = Tertiaire.

des aires de surélévation et des aires d'ennoyage. Les aires d'ennoyage que nous désignons aussi du nom de « dépressions transversales », donnaient lieu aux transgressions qui ouvraient un autre cycle dans lequel se sont accumulés, les dépôts mésozoïques.

Dans la zone plissée hercynienne, il importe de mentionner l'existence d'une *dépression transversale* occupant l'aire d'ennoyage entre les Ardennes et le Massif Rhénan et passant par l'Eifel occidentale le Luxembourg et la Lorraine.

Disons, en anticipant sur notre exposé ultérieur, que cette dépression transversale, que nous désignons du nom de « dépression eifélienne » de *direction méridienne*, était prépondérante dans la délimitation de l'aire de sédimentation de notre Triasique.

Cette dépression transversale eifélienne est aussi en corrélation avec les aires de sédimentation avoisinantes.

Au Permien, une aire d'ennoyage se constituait sur les plis érodés et elle s'étendait sur l'Allemagne du Nord, la Campine et les Pays-Bas pour se prolonger en Angleterre. Au Permien moyen et supérieur, la mer y pénétrait et s'étendait vers le Sud jusqu'au bord septentrional de l'Ardenne et du Massif Rhénan qui restaient exondés. Entre le Massif Rhénan et le Massif de Bohême s'était formé un ennoyage transversal, désigné par E. Haug, du nom de *dépression germanique*, par les auteurs allemands du nom de « Hessische Strasse » et qui est le pendant de la dépression eifelo-lorraine. La mer du Zechstein (Permien supérieur) avançait par la dépression germanique vers le Sud, jusque dans le Palatinat, mais elle n'avait pas encore accès à la dépression eifelo-lorraine qui ne renferme que du Permien continental.

Au Trias, la mer persistait dans la dépression de l'Allemagne du Nord ; elle dépassait, vers le Sud, les dépôts du Zechstein du Palatinat et s'avançait dans l'Allemagne du Sud. Elle recouvrait, vers l'Ouest, le socle hercynien de la Forêt-Noire et des Vosges et pénétrait dans la dépression lorraine et son prolongement méridional, la dépression du Rhône. De la dépression de l'Allemagne du Nord, elle pénétrait également dans la dépression eifelienne où elle rencontrait, dans l'Eifel central, le bras de mer s'avançant par la dépression lorraine. Elle recouvrait la région de la dépression traversant nos régions vers l'époque du Grès vosgien. Dans la région de Sierck, le substratum dévonien était resté en saillie dans la dépression eifelo-lorraine et marquait un rétrécissement de la dépression et la limite entre la partie eifelienne, au Nord, et la partie lorraine, au Sud.

Les lignes de rivages de la dépression transversale eifelo-lorraine avaient une orientation générale suivant le méridien et la mer transgressait, dans la suite, vers l'Ouest et l'Est, de sorte que les dépôts successifs empiètent sur la terre ferme dans ces deux directions. La région axiale de la dépression subissait l'affaissement le plus rapide, de sorte que la puissance maximum des sédiments se trouve dans cette région médiane, tandis que vers l'Est et l'Ouest, nous rencon-

trons des dépôts du littoral, transgressifs sur la terre ferme. A l'Ouest, le faciès littoral est bien net dans tout le Triasique ; à l'Est, il n'est bien distinct que dans le Trias inférieur.

Cette direction originelle suivant le méridien implique l'extension du Trias sur l'Œsling et l'Ardenne orientale, sur le Hunsrück et l'Eifel. La limite d'érosion d'aujourd'hui est la conséquence d'un mouvement différentiel du sol vers la fin du Pliocène, qui provoquait une érosion plus accentuée dans l'Œsling, surélevé par rapport au Gutland.

Du point de vue géologique, ces deux régions géographiques ne présentent donc que deux aspects d'une érosion différenciée dans une même unité géologique qui comprend un puissant substratum de couches éodevoniennes mis à découvert dans l'Œsling tandis que dans le Gutland, il est encore invisible sous la couverture de mésozoïque, sauf dans le lit de la Moselle ; à Schengen, et dans les environs de Sierck.

Cette limite d'érosion actuelle est en corrélation avec une *tectonique spécifique* qui demande quelques mots d'explication.

Nous venons de dire que les plis du Dévonien de l'Ardenne, vers la fin du Primaire, avaient été décapités par l'érosion et transformés en pénéplaine. Cette pénéplaine a été recouverte par les formations secondaires s'étendant aussi bien sur notre Œsling que sur le Gutland. Jusqu'à la fin du Pliocène, ces deux régions ne se distinguaient guère ni par la topographie ni par l'ensemble stratigraphique. C'est vers cette époque que l'ancienne pénéplaine a subi un mouvement en bloc différentiel qui amenait dans l'Œsling l'érosion de la couverture de couches secondaires et l'exhumation de la pénéplaine prétriasique. Cette pénéplaine exhumée s'étend aujourd'hui, dans ses grandes lignes, en pente insensible sur les vastes plateaux de l'Œsling. Au bord méridional de l'Œsling (dans la « dépression périphérique » des géographes), la pénéplaine plonge, avec une pente de 5 à 9 % sur la couverture de sédiments secondaires du Gutland, où elle reprend brusquement sa pente insensible de 1 à 1,5 %.

Dans cette région marginale, large de 2 à 3 km, le Secondaire a le même plongement de 6 à 9 % vers le Sud et qui passe au Sud de cette région a un pendage sensiblement plus faible.

Ce fait appelle la conception d'un gauchissement dans cette région marginale de la surface de l'ancienne pénéplaine et de sa couverture de couches secondaires. Ce gauchissement forme une *flexure* très surbaissée, provoquée par le mouvement épirogénique qu'a subi notre pays depuis la fin du Tertiaire et qui perdurait encore pendant le Quaternaire. C'est un mouvement posthume qui a joué dans la direction privilégiée hercynienne S W - N E.

Ce mouvement est d'ailleurs rendu visible dans les profils verticaux et transversaux des cours d'eau au passage de cette zone, mais surtout par *l'allure des terrasses* des tronçons des vallées de la Wark, de la Sûre et de l'Our situées dans cette région marginale. L'étude des

terrasses a permis de préciser le sens exact des mouvements tectoniques de faible amplitude qui ont affecté cette région depuis l'établissement du réseau hydrographique actuel. Même les terrasses les plus basses marquent encore un dérangement sensible, ce qui démontre que le mouvement de surrection relatif de l'Œsling dans la région marginale perdurait jusqu'à une date très récente et continue probablement encore aujourd'hui.

L'axe de cette flexure ne reste pas dans un même plan horizontal ; il est faiblement ondulé par l'intercalation de dômes et de cuvettes très surbaissés, de direction méridienne et d'un pendage ne surpassant guère 2 ½ %. Ces ondulations affectent les couches du Secondaire et aussi les terrasses des vallées traversant la région de soulèvement. La déformation des couches secondaires dans la région marginale de l'Œsling est donc postérieure à la formation des terrasses. Le mouvement n'est pas continu, mais oscillatoire. Ce sont des mouvements qui ont joué dans la direction de l'ancienne dépression eifelienne.

A Mœstroff existe une dépression tectonique en forme de cuvette allongée qui a provoqué un changement brusque dans la direction et dans le relief de la vallée.

Plus à l'Ouest, nous constatons à Bettendorf un dôme allongé dont la crête passe à l'Est de Bettendorf et se prolonge par le Kirchbusch jusqu'à Marxberg où le dôme se termine brusquement sur une faille de direction W-E. Le flanc occidental du dôme s'est affaissé le long d'une faille de direction méridienne.

Un autre dôme allongé passe à l'ouest de Diekirch. La ligne culminante passe par la « Seitert » tandis que le Herrenberg forme le flanc oriental et le Goldknapp le flanc occidental du dôme.

Après un faible ennoyage marqué par la vallée de la Sûre en aval d'Erpeldange, on constate un relèvement tectonique asymétrique dont la ligne culminante passe par le Kochert et à l'Est de Niederfeulen. Cette déformation a encore affecté toutes les terrasses du grand méandre de la Wark. Le flanc oriental de cet anticlinal a un pendage de 2,6 % ; vers l'Ouest, les couches plongent avec une inclinaison de 0,5 %. Ce relèvement est limité au Sud par deux failles.

Plus loin, vers l'Ouest, on constate une cuvette qui a comme centre la localité de Bissen, mais qui est également coupée au Sud par une faille.

Un petit dôme se dessine nettement entre Bissen et Bœvange, un autre, encore moins important, se trouve près du moulin de Bœvange.

Entre Bœvange et Everlange, les couches ont une position tout à fait horizontale, mais près de cette dernière localité, on constate un faible relèvement.

Enfin, un dernier relèvement de direction méridienne se trouve à l'est de la localité d'Ell.

En prenant en considération la tectonique de cette région marginale entre l'Œsling et le Gutland, quelques faits généraux se présentent :

1° les lignes tectoniques de cette région concordent avec les grandes lignes de la tectonique hercynienne ; ce sont des mouvements posthumes ;

2° l'érosion et en conséquence la délimitation actuelle du secondaire au bord de l'Œsling suit la ligne axiale de la flexure qui sépare les deux régions naturelles du pays ;

3° les profils verticaux et transversaux des cours d'eau au passage de cette région ainsi que l'allure de toutes les terrasses situées dans cette région ont subi le contre-coup de cette tectonique ;

4° le changement de faciès s'accomplit sans aucune dépendance de cette tectonique.

Une coupe du Trias W-E au bord de l'Œsling montre nettement que la limite d'aujourd'hui est une limite d'érosion. Ainsi, en avançant de Petit-Nobressart à Niederfeulen, nous trouverons un facies littoral, mais qui prend les caractères du facies plus en plus normal au fur et à mesure que nous avançons de l'Ouest vers l'Est, c'est-à-dire vers la région axiale de l'ancienne dépression transversale. A partir d'Ettelbruck, le facies est normal, comme dans la région de la Basse-Sûre et de la Moselle. Par contre, on constate des transgressions successives vers l'Ouest, mais, comme il y a dans les mouvements transgressifs intercalations de plusieurs oscillations du retrait, la coupe des couches triasiques est discontinue vers les bords, tandis qu'il existe une continuité dans la région médiane de la dépression transversale, c'est-à-dire entre Ettelbruck et Reisdorf.

Mais de même que les transgressions, la subsidence de l'aire de sédimentation triasique se faisait par saccades et alternait avec des relèvements relatifs du fond, de sorte que les dépôts des trois étages du Trias présentent une disposition en cycles de sédimentation qui sont en relation avec des mouvements épirogéniques du sol et qu'on constate aussi, quoique plus effacés, dans les dépôts à faciès littoral. Le cycle commence avec les dépôts continentaux et lagunaires du Grès bigarré formé d'éléments remaniés des dépôts continentaux du Permien déposés sur les plis hercyniens érodés. Le Muschelkalk est une formation calcaire dans une mer intérieure en rétrécissement, mais subissant une subsidence si énergique qu'elle entrait en communication avec l'océan. Le KEUPER, lui, comprend des dépôts lagunaires et continentaux, formés dans une mer de nouveau en transgression, mais peu profonde et qui subissait même des émersions partielles.

Dans tous les affleurements du bord de l'Œsling, le Triasique repose en discordance angulaire sur le Dévonien et commence par un *conglomérat de base* formé par un cailloutis de fragments bien roulés de quartz et de quartzite provenant de la destruction des roches dévoniennes.

Ce cailloutis qui se rencontre le long de toute la limite du Triasique au bord de l'Œsling, n'est pas l'indice de l'emplacement des lignes de rivages, mais d'une transgression marine sur une région exondée. Aussi ce cailloutis se trouve-t-il à la base de toute formation, triasique ou jurassique, en transgression sur le substratum dévonien.

Dans la région périphérique s'étendant au bord de l'Œsling au contact du substratum dévonien et de la couverture secondaire, les couches de la couverture, empiétant autrefois sur le substratum ont été souvent enlevées à un degré tel qu'il ne reste qu'un placage de cailloutis, qu'on prenait parfois pour un dépôt quaternaire. Ce cailloutis constitué toujours et partout par les mêmes gros éléments quartzeux provenant des roches dures qui faisaient saillie sur le fond dévonien appartient, au bord de notre Œsling, au moins à trois étages différents du Triasique. Dans la région entre la vallée de l'Our inférieur et la vallée de la Sûre moyenne (entre Ettelbruck et Erpeldange), il forme la base des « Zwischenschichten » (couches de transition). Entre Ettelbruck et Folschette, il forme la base du Grès à Voltzia et à l'ouest de cette dernière localité, il passe dans le Keuper à pseudomorphoses et dans le Keuper à marnolites.

La puissance des dépôts varie entre 1 m. et 15 m., la grosseur entre celle d'un œuf et d'une tête d'homme. Mais on rencontre aussi des échantillons d'un diamètre de 20 à 25 cm. La grosseur diminue vite de bas en haut. Les cailloux sont bien arrondis et recouverts par un vernis rouge ou noir-bleuâtre et d'un éclat métallique, ce qui distingue le cailloutis de base des cailloux alluvionnés des rivières qui sont aplatis et d'une couleur terne.

Le conglomérat basal est superposé entre l'Our et la Sûre moyenne par *les couches de transition* formées par un grès de couleur brun-grisâtre, renfermant des entrecouches de cailloux quartzeux et des intercalations de bancs et de nodules de dolomie et des entrecouches de marnes gréseuses de couleur violacée ou verdâtre. La puissance est de 80 m. entre l'Our et le Herrenberg-lez-Diekirch. Jusqu'ici, la formation renferme beaucoup de gypse. La puissance diminue à l'ouest de Diekirch et le gypse disparaît. A l'ouest d'Ettelbruck, la formation se termine en biseau.

Les couches de transition sont surmontées par un grès à grain plus fin de même couleur, avec un ciment argileux et ne renfermant que de rares cailloux ; les nodules de dolomies manquent. Ce grès d'une puissance de 12 à 30 m. représente la Grès à Voltzia. A l'ouest de Diekirch, le grès est à grain moins fin et à l'ouest d'Ettelbruck, il repose immédiatement sur un puissant conglomérat basal. Le grès argileux continue jusqu'à Folschette où il se termine en biseau.

Le Grès coquillier entre l'Our et la Sûre moyenne ne diffère guère ni dans sa constitution pétrographique ni dans sa puissance ou dans son caractère paléontologique du faciès de la région mosellane, sauf que le grain est par endroits, moins fin.

La partie inférieure comprend des grès qui sont superposés par des marnes bariolées. La partie supérieure est constituée par des

marnes schisteuses avec intercalation de grès dolomitique. A la base du grès se trouve un banc de 20 cm de dolomie avec des empreintes de Terebratula, de Gervilleia et avec des entroques.

A l'ouest de la vallée de la Sûre, les marnes deviennent gréseuses et à l'ouest de Mertzig, le Grès coquillier a le faciès d'un grès à grain grossier, de couleur verdâtre, mais les cailloux sont plus rares. On rencontre encore, à la base de la formation, la couche dolomitique avec de rares empreintes des fossiles mentionnés dans le faciès normal.

Le Muschelkalk moyen ou *Groupe de l'anhydrite.* Le faciès normal renferme dans la partie inférieure des marnes bariolées avec de minces entrecouches de dolomies et des gisements de gypse. La partie supérieure est formée par une couche de dolomie avec *Lingula tenuissima.*

A l'ouest d'Ettelbruck, les marnes bariolées deviennent gréseuses et passent dans des grès. Les dolomies avec *Lingula tenuissima* disparaissent à l'est de Mertzig, les grès deviennent de plus en plus grossiers et renferment des cailloutis.

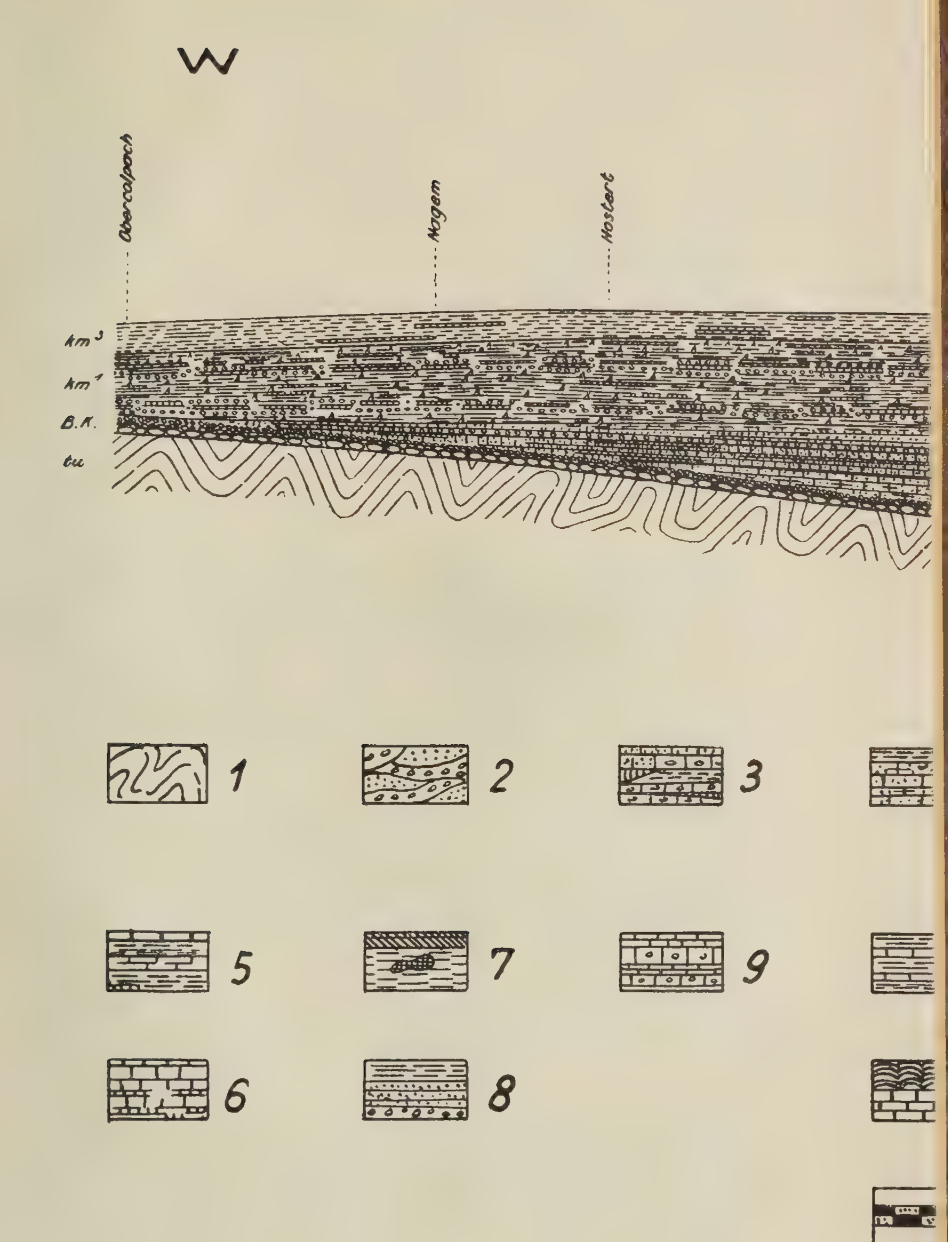
Dans la vallée du « Rodbach » le ravin dit « Schankengraecht » permet encore de distinguer les deux étages du Grès coquillier et du Muschelkalk moyen. Le Grès coquillier y a une puissance de 10 m., le Muschelkalk moyen de 19 m. La limite entre les deux étages est plutôt arbitraire, mais comme on peut distinguer au mur de cette suite de grès, le grès bigarré et au toit le Muschelkalk supérieur, cette suite de grès grossier représente bien les deux étages du Muschelkalk inférieur et moyen.

Le *Hautmuschelkalk* comprend les couches à Entroques et les couches à *Ceratites nodosus.* Ce développement normal se poursuit de la vallée de l'Our jusqu'au « Lopert » à ouest d'Ettelbruck.

A partir du Lopert, les couches à *Ceratites nodosus* prennent des teintes bariolées et le calcaire à entroques se charge de sable et disparaît à l'est de Mertzig tandis que le calcaire à *Ceratites nodosus* se poursuit jusque dans la vallée du Rodbach (entre Buschrodt et Everlange) ; quoiqu'il s'amincit, il est encore caractérisé par des fossiles. Sur la pente droite de cette large vallée, on ne le retrouve plus.

Les couches à Myophoria Goldfussi sont subdivisées dans notre aire de sédimentation en trois assises. Ce sont de bas en haut : les Couches-limites, les Marnes bariolées et la Dolomie-limite.

Dans les régions mosellanes et la Basse-Sûre les *Couches-limites* sont constituées par une dolomie claire d'une puissance de 6 à 8 m., mais qui se réduit dans la région de l'embouchure de l'Our à 1 à 3 m. ; la dolomie peut se charger de quelques faibles entreçouches de marnes grises. Dans les environs de Bettendorf, elle se charge de sable, la puissance augmente jusqu'à 10 m. et la dolomie se transforme dans un grès dolomitique, *le grès dolomitique de « Gilsdorf »*, qui est exploité dans de grandes carrières. Ce grès se poursuit jusqu'au Rodbach où il se termine en biseau. Son passage entre Gilsdorf et Grosbous est



1 = Dévonien (tu) 2 = Conglomérat de base (B.K.) 3 = Couches de transition (S
normal 8 = Muschelkalk moyen (mm) = facies littoral 9 = Couches à Entroqu
15 = Marnes bariolées (ku¹) 16 = Dolomie-limite (ku²) = facies normal 17
à roseaux (km²a) 22 = Keuper à marnolites (km³)

indiqué par de nombreuses carrières, aujourd'hui abandonnées, sauf à Mertzig où deux, entre une bonne douzaine, sont encore en exploitation.

Les *Marnes bariolées* ne changent guère de facies dans la région marginale de l'Œsling, sauf qu'on observe l'intercalation de quelques minces bancs de dolomie aux couleurs souvent bariolées.

La Dolomie-limite est représentée entre l'embouchure de l'Our et Ettelbruck par une faible assise de dolomie grisâtre qui renferme par endroits de petits cailloux quartzeux. A l'ouest, d'Ettelbruck la dolomie devient alvéolaire (Zellendolomit). Mais la dolomie alvéolaire ne forme que des intercalations dans une dolomie compacte qui peut aussi passer dans un grès dolomitique, renfermant souvent des cailloutis. Comme toutes les autres assises de l'étage du Muschelkalk supérieur, la Dolomie-limite ne dépasse pas, vers l'ouest, la vallée du Rodbach.

Le *Keuper* comprend trois étages : le *Keuper à pseudomorphoses*, le *Grès à roseaux* et le *Keuper à marnolites*.

Le Keuper à pseudomorphoses est bien caractérisé par des pseudomorphoses de sel gemme qui jouent le rôle d'un *fossile caractéristique* et qui persistent même quand le faciès change complètement. Il est constitué par des marnes bariolées avec intercalation de minces lits de grès quartzeux et de dolomie.

Le Keuper à pseudomorphoses est surmonté par un grès très tendre avec empreintes de végétaux. *le Grès à roseaux*, qui est une formation continentale: Ce grès d'une puissance très variable et qui peut être remplacé par des marnes gris-foncé ou qui peut disparaître complètement est recouvert de marnes rouges avec gypse (Rote Gypsmergel) et de marnes bariolées plus claires sans pseudomorphoses, mais renfermant de nombreuses entrecouches minces d'un calcaire marneux dur (Steinmergel) ; c'est le *Keuper à marnolites*. Le gypse se rencontre dans toute la masse du Keuper, mais le sel gemme fait défaut dans notre aire de sédimentation comme il a été démontré par plusieurs forages.

Pendant le Keuper, la mer était en transgression sur le continent mais le fond de cette mer avait une tendance vers l'émergence de sorte que le Grès à roseaux représente une formation franchement continentale.

A cette tendance vers l'émergence, correspond une surrection de la terre ferme avoisinante qui créait une activité rajeunie et intensifiée des eaux courantes charriant vers la mer, en abondance et à une distance appréciable, du sable à gros grains et du cailloutis quartzeux. La suite en est que le faciès littoral du Keuper à une largeur qui surpasse de loin celle des autres étages du Triasique. Déjà dans la région de l'Ernz blanche, à Ermsdorf, le Keuper à pseudomorphoses renferme d'appréciables entrecouches de grès et de conglomérats qui prédominent dans la région de l'Alzette inférieure. Mais on note

encore toujours des intercalations de marnes bariolées avec des pseudomorphoses. Enfin, dans la région à l'ouest de la vallée du Rodbach, il se présente dans un facies si différent du développement normal que l'identification n'a pu être faite que par des levers de détail très serré. On y constate une alternance très constante caractéristique de niveaux dolomitiques et conglomératiques avec des niveaux de marnes rouges et bariolées. Les dolomies sont tellement pures qu'on les emploie encore aujourd'hui dans une localité « aud fer Elz » pour la fabrication de chaux tandis que, autrefois, presque chaque village avait son four à chaux pour les besoins locaux. C'est à cause de ce caractère pétrographique qu'on rangeait longtemps cette assise dans le calcaire coquillier.

Dans cette région, le Keuper à pseudomorphoses se subdivise avec une remarquable régularité, de la base au sommet, dans les assises suivantes :

1° grès brun-rouge alternant avec des marnes sableuses bariolées ; au sommet, une couche de marne pure d'une couleur rouge-vive. Puissance de (1) : 4 à 6 m. ;

2° *le Conglomérat inférieur*, comprenant une dolomie gréseuse avec des entrecouches de cailloutis quartzeux : 5 à 8 m. ;

3° grès quartzeux très dur d'un gris-clair alternant avec des marnes bariolées ; au toit des marnes de couleur rouge-vive : 6 à 15 m. ;

4° *le Conglomérat supérieur*, comprenant une dolomie compacte et pure de couleur claire avec des intercalations variables de cailloutis quartzeux : 3 à 6 m. ;

5° des marnes rougeâtres avec du grès verdâtre qui prédomine vers le toit : 5 à 7 m.

Le cailloutis des assises (2) et (4) change rapidement de volume ; tantôt il disparaît complètement de sorte que l'assise forme une dolomie pure, tantôt il prédomine de façon à donner une masse conglomératique à ciment dolomitique.

Des pseudomorphoses d'une grandeur exceptionnelle se rencontrent surtout dans l'assise (5), tandis que ceux de plus petites dimensions se rencontrent, quoique plus rarement, dans toutes les autres assises.

La position stratigraphique de cette coupe au-dessous du Keuper à marnolites et au-dessus de l'assise de la Dolomie-limite ainsi que la présence de pseudomorphoses ne laissent pas de doute qu'il s'agit d'un faciès littoral du Keuper à pseudomorphoses.

Le Keuper à faciès littoral est recouvert, sur toute son étendue par un *cailloutis résiduel* d'une puissance variable et souvent appréciable. Ce cailloutis a été pris, à plusieurs reprises, pour des dépôts fluviaux pliocènes ou pléistocènes ce qui a donné lieu à des confusions regrettables dans l'histoire de la genèse du système hydrographique du pays.

Dans la région de l'Ernz blanche inférieure, le *Grès à roseaux* est

constitué par un grès à gros grain, intercalé entre le Keuper à marnolites et des marnes et grès à pseudomorphoses, ce qui caractérise bien sa position stratigraphique.

Dans la vallée de l'Alzette inférieure, des entrecouches de cailloutis s'intercalent dans ce grès ; le conglomérat prédomine à la base de l'assise. Dans un ravin en face de la localité de Essingen, on constate pour ce conglomérat une puissance de 3 m. ; mais qui est soumis à des variations considérables et brusques. Il est surmonté par un grès de 2 à 5 m. de puissance, qui est recouvert par du Keuper à marnolites.

Le Grès à roseaux n'a pu être identifié avec certitude au nord de la vallée de l'Attert.

Keuper à marnolites. A l'époque du Keuper à marnolites, le relief de la terre ferme avoisinante était aplani et les eaux courantes ne transportaient que du détritus marneux fin, de sorte que cette assise se présente, sur toute son étendue, dans un facies normal.

L'étage rhétien est représenté, de bas en haut, par des marnes noires feuilletées, des grès siliceux friables, renfermant toujours une ou plusieurs minces entrecouches de conglomérats et des argiles rouge-foncé. Ces différents horizons du Rhétien présentent une grande variété de puissance allant de 0,20 à 20 m. A ces variations de puissance s'ajoute le brusque changement de facies. L'argile noire est une formation lagunaire. Le grès avec conglomérat renferme une faune marine caractéristique avec *Avicula contorta* et des indices d'un bone bed, tandis que les argiles rouges sont une formation continentale. Ces changements sont l'indice de mouvements tectoniques brusques et appréciables.

D'autre part, la Rhétien marque le point de départ de la transgression jurassique. La mer avançait non seulement sur les bords de la dépression eifélo-lorraine de sorte que le Rhétien se présente dans tout le pays dans le même faciès normal, mais elle transgressait sur tout le pourtour de l'ancien massif ardennais. Elle avançait maintenant suivant des lignes d'ennoyage de direction varisque, c'est-à-dire S-W — N-E. Elle pénétrait, au bord méridional de l'Ardenne, jusqu'à Jamoigne, dans la vallée de la Semois, où le Rhétien se présente dans un faciès littoral gréseux, désigné du nom de *Grès de Mortinsart.*

La ligne de rivage triasique d'une direction méridienne si caractéristique passe à la direction S W - N E ou direction varisque. Cette ample transgression marquait dans notre pays, comme dans l'Europe occidentale en général, le début de la grande transgression liasique qui allait changer du tout au tout la paléogéographie du pays et de toute l'Europe occidentale. Par l'inondation d'une aire d'ennoyage occupant l'emplacement du Continent français, il se formera, dès le début du jurassique, le *Bassin de Paris.* Au début du Lias, la dépression de l'Eifel existait encore, mais c'est la dépression lorraine qui servait de voie de communication entre les mers jurassiques du Bassin de Paris et l'aire d'ennoyage de l'Allemagne du Sud.

Michel LUCIUS.



LES LIVRES

Lars V. AHLFORS. — Complex Analysis. — Un vol. cartonné de 247 p. 16 × 23, Graw Hill Book Company, New-York, 1953. Prix : 5 dollars.

L'éminent professeur d'Harvard University présente ici une très belle introduction à la théorie des fonctions analytiques d'une variable complexe. Après avoir repris, au sujet des nombres complexes, ce qui concerne leur algèbre, leur représentation géométrique et exposé la théorie des transformations :

$$w = \frac{az + b}{cz + d}$$

en relation avec la géométrie des cercles, il donne des exemples de fonctions élémentaires et pose quelques notions topologiques : limites et continuité, ensembles de points, connexité, compacité. Pour les fonctions définies sur un ensemble A, il étudie la correspondance $y = f(x)$: pour A ouvert, il n'y a continuité que si l'image réciproque d'un ouvert est un ouvert (ce qui suffit) ; énoncé de même forme avec A fermé. Ceci montre en passant un souci de généralité permettant de donner à la suite de l'exposé une grande précision. Cela se confirme à propos de l'uniforme continuité, réalisée sur un compact quand la continuité l'est, et aussi bien à propos des arcs et courbes fermées. D'où le moyen de définir une fonction analytique dans un ouvert connexe (ce qui est ici dénommé **région**, et les notions élémentaires concernant la représentation conforme et les surfaces de Riemann : chemin faisant, le lecteur bénéficie d'exemples montrant notamment l'intérêt des **levels curves**, ou lignes de niveau de la partie réelle et de la partie imaginaire. Tout cela donne pour la suite beaucoup d'aisance, qu'il s'agisse soit de l'intégration dans le plan complexe, soit des suites de fonctions et de leurs applications (que ces suites soient normales ou non), soit du problème de Dirichlet, de la formule de Poisson, des fonctions subharmoniques et des compléments donnés à la théorie de la représentation conforme, pour des régions à connexité simple ou multiple. Un ultime chapitre traite des fonctions multiformes après avoir étendu la notion de surface de Riemann et posé le principe du prolongement analytique : cela donne lieu à des applications aux fonctions algébriques et aux équations différentielles linéaires, en prenant pour exemple l'équation hypergéométrique. Le souci de rigueur n'a pas compromis la clarté et l'élégance de l'exposé, assuré de trouver l'approbation unanime.

G. BOULIGAND.

G. AMAT. — Contribution à l'étude de l'intensité des bandes d'absorption infrarouge. — Préface de M. Aubert. — Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air, n° 276, 1 vol. 116 p. 1953.

Dans un premier chapitre, M. G. Amat rappelle les définitions et les méthodes de mesures relatives à l'évaluation de l'intensité des bandes d'absorption infrarouge, puis examine en détail l'influence du pouvoir de résolution du spectrographe.

Le deuxième chapitre donne l'exposé théorique d'une méthode de mesure de l'intensité des bandes d'absorption infrarouge dans laquelle l'absorption totale relative à la bande étudiée est déterminée au moyen

d'une mesure directe en utilisant des fentes spectrographiques relativement larges, l'intensité de la bande étant ensuite obtenue par une extrapolation à partir des absorptions totales déterminées pour différentes solutions de concentrations variables.

Le chapitre III rassemble les vérifications et résultats expérimentaux obtenus avec cette méthode appliquée à la détermination des absorptions totales relatives aux bandes fondamentales et premières harmoniques correspondant aux vibrateurs C-H du chloroforme, du pentachloréthane, du trichloréthylène et du tétrachlorure d'acétylène.

G. PETIAU.

BARROW (R. F.), CAUNT (A. D.), DOWNIE (A. R.), HERMAN (R.), HULDT (E.), Mc KELLAR (A.), MIESCHER (E.), DOSEN (B.), WIELAND (K.). — Rédaction générale Rosen (B.). — Atlas des longueurs d'onde caractéristiques des bandes d'émission et d'absorption des molécules diatomiques. — Tables de constantes et données numériques. Constantes sélectionnées. 5, 1952, Hermann et Cie, Paris, 389 p., 5.600 francs.

Ces tables complètent les « Données spectroscopiques concernant les molécules diatomiques » (fascicule 4 de la nouvelle série des constantes sélectionnées). La table principale décrit près de 13.000 têtes, ou maxima de bandes de 299 molécules diatomiques rangées dans l'ordre des longueurs d'ondes décroissantes, allant de l'infrarouge photographique à l'ultraviolet lointain.

Après une première table donnant la liste des molécules étudiées dans les fascicules 4 et 5, la table II donnant les longueurs d'ondes caractéristiques des bandes des molécules diatomiques réunit sur six colonnes, les données d'observations (longueur d'onde de la tête ou du maximum de la bande), l'indication de la transition à laquelle appartient la bande, son classement vibrationnel, l'indication des bandes les plus caractéristiques du système auquel elle appartient, le rappel de la page du fascicule 4 où elle figure déjà, les références bibliographiques dans le cas de modifications résultant de travaux récents. La table III donne pour une série de molécules dont les spectres sont souvent observés comme impuretés des listes plus complètes de longueurs d'onde. La table IV donne la liste des longueurs d'onde des raies du spectre de H_2.

G. PETIAU.

A. BLANC-LAPIERRE, G. GONDET, P. LAPOSTOLLE. — Electronique générale. (Collection de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications.) 1 vol. 16,5 × 25, 396 p., Eyrolles Edit. Relié : 3.300 fr.

Bien que l'introduction de l'électron en physique soit assez récente (les travaux fondamentaux de Jean Perrin furent publiés de 1895 à 1897 et le terme d'électron proposé en 1894 par G. J. Stoney ne s'imposa qu'à partir de 1900), les progrès de la technique ont multiplié les appareils dans lesquels interviennent d'une façon directe ou indirecte les mouvements des électrons ou les rayonnements qui en résultent. Aujourd'hui, bien que la connaissance des états ou des mouvements électroniques soit à la base de l'interprétation de la presque totalité des phénomènes électriques ou magnétiques, les phénomènes dans lesquels les électrons apparaissent séparés de la matière, dans le vide ou dans les gaz raréfiés, constituent une classe importante dont les méthodes et les techniques d'étude ou d'utilisation se séparent assez nettement de l'électricité ou de l'électrotechnique classique en constituant la science de l'électronique.

L' « Electronique générale » de MM. Blanc-Lapierre, Gondet et Lapostolle, destinée aux élèves de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, est divisée en trois parties : l'électron et ses propriétés électromagnétiques, l'émission électronique, l'optique électronique et ses applications.

Dans la première partie, les auteurs décrivent les propriétés fondamentales de l'électron, corpuscule classique d'électricité négative, et exposent la théorie du rayonnement d'une charge ou d'un système de charges en mouvement, ainsi que les éléments de l'électrodynamique de la théorie de la relativité restreinte. La seconde partie étudie les caractères des émissions électroniques et les techniques correspondantes : technique du vide dans ses rapports avec l'appareillage de l'électronique, éléments de la théorie des métaux, étude détaillée de l'émission thermoélectronique et propriétés des principaux types de cathodes utilisées, caractères et techniques relatifs aux émissions électroniques secondaires, effets photoélectriques, analyse approfondie des phénomènes de fluctuations dus à la nature granulaire de l'électricité (effets de grenaille, d'agitation thermique et de scintillation). La troisième partie expose des éléments d'optique électronique : études, calculs et mesures des champs électriques et détermination des trajectoires électroniques, lentilles électrostatiques, lentilles magnétiques, canons à électrons, microscopes électroniques, production d'énergie électromagnétique par échange d'énergie dans les tubes électroniques, accélérateurs de particules.

En appendices, un précis de calcul des probabilités donnant une vue particulièrement claire sur les méthodes modernes d'analyse mathématique des phénomènes aléatoires ainsi que sur la mécanique statistique classique et une étude sur le potentiel dans un faisceau électronique, en tenant compte de la distribution de vitesse initiale, complètent l'ouvrage qui rendra les plus grands services aux étudiants en physique supérieure, aux ingénieurs et aux physiciens.

G. PETIAU.

M. BOLL et J. C. PAGÈS. — Les étapes de la connaissance. — Fasc. 1193 des Act. Scient. et ind. Hermann, 91 p. Paris 1953. Prix :

Recherche d'une méthode expérimentale voulant rénover la notion de connaissance, et renoncer à imputer l'évolution de la pensée à des causes plus ou moins authentiques. Chemin faisant, est signalée l'opportunité de distinguer entre une histoire des tentatives de l'intelligence dans l'interprétation des faits et une histoire de l'intelligence elle-même dans son effort pour interpréter les faits. Ce qui met alors au premier plan les questions de cohérence et de logique ; puis, l'universalité et l'unicité de la connaissance. D'autres titres (la nostalgie mystique du passé, l'attrait du merveilleux, la science et la foi...) réaffirment une tendance qui ne saurait étonner les lecteurs fidèles de M. Marcel Boll.

G. BOULIGAND.

BOUT (Pierre). Etudes de Géomorphologie dynamique en Islande. (Expéditions polaires françaises. T. III.). — **Actualités scientifiques et industrielles,** n° 1197, 220 pages, 43 fig., 21 planches, 1 carte (Hermann et Cie, éditeurs), Paris, 1953.

Dans ce livre, préfacé par M. Jean Jung, l'auteur rappelle les grands traits de la géologie de l'Islande puis expose les observations personnelles qu'il a pu faire en août 1950.

La géomorphologie de l'Islande est dominée par deux caractères : volcanisme et glaciation. L'étude morphologique des volcans est associée à celle des phénomènes périglaciaires : érosion éolienne, dépôts de pente, sols polygonaux, etc. Les observations de M. Pierre Bout sont fort intéressantes par elles-mêmes, mais elles deviennent particulièrement précieuses lorsqu'elles permettent de comparer l'Islande et l'Auvergne. Les brèches d'Islande (les palagonites) sont identiques aux agglomérats éruptifs de la région du Puy ; il s'agit d'une matière basaltique riche en eau et qui a pris un faciès bréchique. Le Massif Central, au-dessus de 1.400 mètres, possède un climat comparable à celui de l'Islande, mais la limite descendait

bien plus bas pendant le Quaternaire glaciaire et ceci explique la morphologie du Velay et de l'Auvergne.

D'autres comparaisons sont établies avec le Groenland, plus froid et plus aride.

Au total, ces études de géomorphologie comparée présentent un grand intérêt, dépassant le cadre de l'Islande.

R. FURON.

CARLES (J.). — La Sexualité. — 1 vol. 204 pages, 16 figures. Collection Armand Colin, Paris, 1953.

Les progrès récents de l'endocrinologie notamment, la découverte des hormones sexuelles hypophysaires, dominent aujourd'hui les problèmes de la sexualité ; l'ouvrage de J. Carles s'impose pour l'importance du sujet traité dont il donne le point de vue scientifique moderne, appuyé sur les expériences les plus récentes, en demeurant d'une lecture facile et très agréable, parfaitement accessible à un vaste public. Le plan général de l'ouvrage très richement documenté, est le suivant : la première partie (Modalité du sexe) est un tableau général de la sexualité et de ses multiples aspects ; dans la deuxième partie (La chimie du sexe), l'auteur étudie longuement les hormones sexuelles et hypophysaires, les gamones, les termones ; la troisième partie st consacrée à l'étude de la détermination et de la différenciation du sexe, avec les conséquences physiologiques, psychologiques et éducatives qui en découlent.

R. CAVIER.

P. CHAMBADAL. — Les diagrammes Enthalpie-Entropie - Applications à l'air et aux gaz de combustion. — Un vol. 52 p., 21 × 27, 13 fig., 3 pl. Paris, 1953, Dunod édit. Prix : 940 francs.

Ce fascicule se compose de deux parties :

1°) Un exposé théorique sur les propriétés thermodynamiques des gaz et des mélanges gazeux, la théorie de la combustion, l'application des diagrammes thermodynamiques et notamment des diagrammes enthalpie-entropie à l'étude des transformations thermodynamiques subies par les gaz de combustion.

2°) Trois abaques : I - Diagramme enthalpie-entropie pour un kg d'air (0 à 320° C). II - Diagramme pour la détermination de la consommation de combustible et des propriétés du gaz de combustion. III - Diagramme enthalpie-entropie pour un k mol d'air ou de gaz de combustion (0 à 1.000° C).

G. PETIAU.

R. COURANT et D. HILBERT : Methods of Mathematical Physics. T. I. — Première édition anglaise traduite et révisée d'après l'édition originale allemande. — 1 vol. 561 p. Interscience Publishers Inc. New-York Edit., prix : $ 9,50.

Parmi les très nombreux ouvrages qui se sont proposés de rassembler parmi les mathématiques modernes les résultats fondamentaux susceptibles de servir de méthode pour la résolution des problèmes posés par la physique, le plus connu est certainement les Methoden der Mathematischen Physik de R. Courant et D. Hilbert.

Depuis la guerre, cet ouvrage est devenu introuvable et R. Courant réfugié aux U. S. A. en donne aujourd'hui une nouvellle édition en langue anglaise cette fois. Celle-ci suit étroitement le plan de l'édition allemande avec néanmoins quelques additions et modifications.

Il est intéressant de remarquer à ce sujet que l'évolution vers le formalisme subie par les mathématiques depuis vingt ans n'a pas apporté de

contribution vraiement effective à la résolution des problèmes posés par la physique mathématique. Celle-ci demande un approfondissement des théories mathématiques du début du XX[e] siècle mais ne sait pas encore poser et énoncer ces problèmes en termes de mathématiques formelles.

L'ouvrage de Courant et Hilbert dans sa nouvelle édition doit constituer l'un des livres de base de la formation mathématique de tout mathématicien moderne. Nous allons donner quelques brèves indications sur les matières exposées dans le premier tome qui paraît aujourd'hui.

Le premier chapitre résume les propriétés générales de l'algèbre des transformations linéaires et des formes quadratiques. Le chapitre II étudie le problème général du développement en série sur un ensemble donné de fonctions d'une fonction continue par morceaux et notamment les développements en séries et intégrales de Fourier, les développements en séries de polynômes de Legendre, de Tchebyscheff, d'Hermite et de Laguerre. Le chapitre III expose la théorie des équations intégrales linéaires : théorie générale de Fredholm, propriétés fondamentales des systèmes de valeurs propres et de fonctions propres, développements en séries de fonctions propres, méthodes de E. Schmidt, d'Enskoy et de Kellog, résolution de quelques types d'équations intégrales. Le chapitre IV donne une vue d'ensemble sur les méthodes du calcul des variations : problèmes généraux, étude de l'équation d'Euler, problèmes avec conditions aux limites, problèmes avec conditions supplémentaires, formes canoniques des problèmes variationnels, application aux équations, aux dérivées partielles de la physique mathématique et à divers problèmes de la physique. Le chapitre V montre l'application de la méthode des fonctions propres à l'étude des problèmes de vibrations : vibrations des tiges, des cordes, des membranes et des plaques, application de la méthode des fonctions propres aux problèmes de la théorie du potentiel, études des problèmes du type de Sturm-Liouville et comportement asymptotique des solutions, problèmes de valeurs propres avec spectres continus, théorie des perturbations, théorie de la fonction de Green et exemples de fonctions de Green pour les principaux domaines. Le chapitre VI montre l'application du calcul des variations aux problèmes de valeurs propres : propriétés d'extrémum des valeurs propres, théorèmes généraux sur les développements en séries de fonctions propres, distributions asymptotiques des valeurs propres, problèmes du type de Schrödinger, problèmes particuliers. Le chapitre VII étudie les principaux systèmes de fonctions spéciales définis par des problèmes de valeurs propres : fonctions de Bessel, fonctions de Legendre, solutions des équations de Legendre, de Tchebyscheff, d'Hermite et de Laguerre, harmoniques sphériques, développements asymptotiques, méthodes de col et de Darboux et en appendice une étude de la transformation des harmoniques sphériques. Une bibliographie suivant chaque chapitre et une bibliographie générale additionnelle complétent cet ouvrage remarquable à la fois par sa clarté et sa profondeur.

G. PETIAU.

B. DEMTCHENKO. — Régulation hydraulique d'alimentation des turbomachines. — Préface de M. A. Caquot, Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air n° 277. Un vol. 182 p. Paris 1953.

Dans ce volume M. B. Demtchenko donne une étude approfondie et systématique des principes de la régulation hydraulique et de ses applications dans le contrôle des turbomachines.

La première partie expose la théorie mathématique de la réalisation d'opérations mécaniques à l'aide de circuits hydrauliques : caractères généraux des circuits hydrauliques, étude des gicleurs, association et composition des gicleurs, problèmes des transformations fonctionnelles des pressions, constructions hydrauliques fondamentales, entrée des signaux dans

le domaine hydraulique, étude du problème général d'auto-régulation du débit, régulation modulée, construction d'un débit proportionnel au produit de deux paramètres.

La seconde partie examine les différents systèmes utilisés pour le contrôle du dosage du combustible dans les turbomachines au moyen d'opérations hydrauliques : paramètres intervenant dans la marche d'une turbomachine, débit de combustible à fournir sous différents régimes de marche, caractéristiques des régulateurs d'alimentation des turbomachines, systèmes de régulation sous commande asservie, systèmes avec deux régulateurs centrifuges indépendants, systèmes avec régulateurs de vitesse à double effet, systèmes de régulation utilisés avec la surface d'éjection variable, examen de divers autres systèmes de régulation.

Une importante bibliographie portant notamment sur les brevets d'invention relatifs aux régulateurs d'alimentation des turbomachines complète cet ouvrage.

G. PETIAU.

J. L. DESTOUCHES. — Méthodologie, notions géométriques. — Un vol. in-8, 16 × 25 de XIV-228 p. Gauthier-Villars, Paris, 1953, prix : 3.000 fr.

Premier volume d'un traité de physique théorique et de physique mathématique, dont le tome III (Eléments de théorie des quanta et de mécanique ondulatoire, exposés par L. de Broglie) vient aussi de paraître. L'actuel volume s'attache aux généralités concernant les théories physiques et en s'inspirant d'une voie déjà mise à l'épreuve par d'autres auteurs, il les situe par rapport aux développements récents de la géométrie en mettant l'accent sur l'algèbre moderne (groupes et treillis). La clarté de l'exposé lui vaudra un large cercle de lecteurs.

G. BOULIGAND.

André DOGNON. — Les ultrasons et leurs applications. Collection « La science vivante » dirigée par R. Audubert 181 p., Presses Universitaires de France, Paris, 1953.

Depuis la fin de la dernière guerre, les ultrasons ont suscité un nombre considérable de travaux dans tous les domaines et dans tous les pays ; les techniques industrielles, la recherche physique, chimique, physico-chimique, biologique et médicale, ont cherché quel parti pouvait être tiré de cet agent nouveau. Malgré ces petites dimensions, cet intéressant ouvrage, où une large place est donnée aux faits biologiques, permet à un lecteur non initié aux techniques ultrasonores d'acquérir d'utiles connaissances sur le sujet.

M. PARODI.

DUCLAUX (J.). — Colloïdes et Gels. — Un vol. in-8 (16-25), de VI-292 pages et 61 figures. Edition Gauthier-Villars, Paris, 1953. Prix, broché : 2.000 fr.

L'auteur est Chef de Service à l'Institut de Biologie physico-chimique. L'ouvrage est un abrégé de physique et de chimie des colloïdes, dont le but principal est de montrer les aspects très divers sous lesquels se présente leur étude. Il ne comporte aucun développement mathématique et se limite au point de vue expérimental. La chimie colloïdale est intermédiaire entre la chimie ordinaire et la chimie de la matière vivante, et c'est là son principal attrait.

Les quatorze chapitres sont divisés en plus de deux cents paragraphes, qui, en raison de la richesse et de l'extension de la chimie colloïdale, constituent autant de sujets différents. Un nombre de pages dix foix plus grand aurait été nécessaire si chacun avait dû être traité en détail. C'est dire que cet ouvrage se présente comme un comprimé ou une introduction.

Quelques sujets ont été traités en annexes (radiocolloïdes, plasticité, savons, colles, effet électrovisqueux). Ce sont des compléments, de nature très variée, dont l'intérêt n'est pas moindre, mais plus étroitement limité.

E. CATTELAIN.

Mme. M. L. DUBREIL-JACOTIN, L. LESIEUR et R. CROISOT. — Leçons sur la théorie des treillis. — Un vol. in-8 (16 × 25) de VIII-385 p. avec fig. 1953. Prix : 5.500 francs.

La théorie des treillis développe certains systèmes de relations, au sens de l'algèbre moderne, auxquelles donne lieu l'étude des ensembles partiellement ordonnés. M. Gaston Julia, qui a préfacé l'ouvrage, l'a en outre accueilli dans sa collection des Cahiers scientifiques. Jusqu'à présent, on ne possédait en langue française sur le sujet traité que de brefs exposés. Le nouveau livre, d'importance comparable au traité américain de G. Birkhoff, sera donc bien accueilli.

Le texte est présenté de manière à pouvoir être lu sans connaissances préalables. Après avoir rappelé divers procédés de calcul et signalé quelques types particuliers de treillis, on y aborde systématiquement les structures algébriques ordonnées, ce qui fait rencontrer des liens essentiels avec d'autres théories de l'algèbre et de l'arithmétique. On passe, pour terminer, à l'étude des treillis géométriques, et dans cette voie, on parvient à des précisions intéressantes sur les fondements axiomatiques des géométries projective et affine, à un nombre fini ou à une infinité de dimensions.

Concurremment au traité d'Algèbre de M. Paul Dubreil, qui sera bientôt réédité dans la même collection, l'ouvrage sur les treillis rendra les plus grands services.

G. BOULIGAND.

B. GROSS. — Mathematical structure of the theories of viscoelasticity. — Fasc 1190 des Act. sc. et ind. Hermann, 74 p. Paris 1953. Prix : 600 francs.

Premier fascicule de la nouvelle collection « rhéologie », fondée chez Hermann par E. L. de Fonseca Costa, directeur de l'Institut de Technologie de Rio-de-Janeiro, où l'Auteur s'occupe à la fois d'électricité et de mécanique appliquée.

Il pose dans ce livre les bases d'une théorie générale des phénomènes linéaires des corps visco-élastiques, en s'appuyant sur les travaux de Volterra et sur le principe de superposition. Ce livre ne marque pas seulement une étape dans l'étude des problèmes rhéologiques. Il montre le légitime attrait de savants étrangers vers les éditions françaises.

G. BOULIGAND.

F. GONSETH. — La géométrie et le problème de l'espace. Tome V : **les géométries non euclidiennes.** — Un vol. in-8, 16 × 25 de 112 p., 60 fig., Dunod, Paris, 1953, prix : 690 fr.

Exposé très accessible de la géométrie hyperbolique, issue des doutes et des essais autour du Ve postulat d'Euclide. Ayant repris ce dernier dans un cadre axiomatique bien net, l'Auteur envisage la base axiomatique tronquée par l'ablation de ce Ve postulat, et cherche ce qu'il advient si un point livre passage à deux non-sécantes d'une droite donnée ne passant pas par ce point. Ayant montré que l'unicité, réalisée pour une droite et un point particulier, se répète pour toute autre droite et tout autre point (théorème de **l'alternative**), il retrouve divers enchaînements classiques, notamment ceux qui gravitent autour du modèle de Poincaré. Puis s'élevant au plan philosophique, il traite de l'autonomie et de la non-contradiction de la géométrie hyperbolique et situe les résultats de cette recherche par rapport à ses vues sur la philosophie ouverte de la connaissance.

G. BOULIGAND.

G. JULIA. — Cours de géométrie infinitésimale (professé à l'Ecole Polytechnique) fasc. I : **Vecteurs et tenseurs. — Théorie élémentaire.** — Un vol. in-8 (16 × 25) de 102 p. Gauthier-Villars. Paris, 1953. Prix : 2.000 fr.

Ce fascicule est le premier d'une seconde édition, entièrement refondue, d'un livre bien connu. Après un rappel des notions élémentaires sur les vecteurs, l'Auteur introduit en coordonnées rectangulaires les tenseurs du second ordre au moyen des opérations linéaires sur les vecteurs, ce qui lui permet de signaler les tenseurs symétriques et leurs quadriques représentatives aussi bien que les tenseurs antisymétriques. Des développements d'analyse vectorielle l'amènent alors, très naturellement, à prolonger cette théorie et à donner les points de départ d l'analyse tensorielle. Ce qu'il complète encore en donnant le mécanisme des calculs précédents en coordonnées obliques.

G. BOULIGAND.

M. LA TOISON. — Chauffage et séchage par lampes à rayonnement infra-rouge. — 112 pages, 45 figures, Eyrolles, Paris, 1951.

En dehors des ouvrages scientifiques sur le rayonnement infrarouge, l'on ne possédait aucune monographie de caractère pratique sur l'obtention de ce rayonnement et sur son utilisation dans les problèmes de chauffage et de séchage ; le présent ouvrage vise à combler cette lacune.

Après avoir exposé sommairement les notions dont la connaissance est indispensable, M. La Toison étudie les propriétés des lampes à incandescence en tant que sources de rayonnement calorifique et discute l'influence des nombreux paramètres qui interviennent. Il met en évidence les caractéristiques particulières du chauffage et du séchage par lampes ; il les compare à celles des autres procédés thermiques et en précise les avantages et les inconvénients. Le livre se termine par l'énumération des principaux domaines d'application et la description de quelques installations types.

M. PARODI.

MORET (L.). — Manuel de paléontologie animale. — 1 vol. in-8, 762 pages, 274 figures et 12 tableaux. Troisième édition complétée d'un addendum. Paris, 1953, Masson éditeurs (Prix : 2.880 fr.).

Depuis 1939, date de la première édition, le succès de cet ouvrage n'a pas faibli. Tous les compte rendus de cette époque en ont loué l'ordonnance, les exposés et les figures dessinées par l'Auteur. La seconde édition parue en 1946 s'est trouvée si rapidement épuisée nous dit l'Auteur, qu'il n'a pas eu le temps matériel de remanier complètement le texte de la troisième. Pour éviter toute lacune éventuelle, M. Moret a donc écrit un addendum [illegible] pages, comportant une bibliographie sommaire et permettant de compléter facilement une documentation qui n'est nullement bouleversée par les découvertes récentes. Ce n'est donc pas un ouvrage à présenter, mais à signaler en lui prédisant facilement le même succès qu'aux précédentes éditions.

R. FURON.

H. P. NOYES, M. CAMAC, W. D. WALKER. — High Energy Nuclear Physics. — Proceedings of the third Annual Rochester Conference, 18-20 décembre 1952. — Un vol. 110 p., Interscience Publishers inc. Edit. Prix : 2 $.

Ce volume rassemble les résumés des communications et les comptes rendus des séances de la troisième réunion sur la physique nucléaire des hautes énergies qui s'est tenue à Rochester les 18-20 décembre 1952.

L'indépendance par rapport à la charge et la saturation des forces nucléaires furent discutées dans les communications de MM. Wigner, Christy, Blatt, Pais, Kroll, Feldman et Weisskopf. MM. H. Anderson, Van Hove,

Stevenson. Goldschmitt, Bacher, Goldwasser, Osborne, Wilson, Fermi, Barnes et Tinlot discutèrent les conditions de la production des mésons π et la diffusion pions-nucléons. M. Anderson, Peyron, Leighton, Thomson et Rau rapportèrent les résultats expérimentaux relatifs aux particules V°, M. Perkins, Leprince-Ringuet, Amaldi, ceux relatifs aux supermésons, χ, $\varkappa$, τ. MM. Feld, Chew et Dyson discutèrent quelques problèmes théoriques relatifs au problème des pions. L'analyse des déphasages dans la diffusion pion-nucléon et le problème des mégalomorphes fit l'objet des exposés de MM. Oppenheimer, Fermi, Bethe, Leigton, Rossi, Shapiro. Des questions théoriques générales furent discutées par MM. Low, Watson, Jastrow, Dyson, Bethe et Wentzel. De nombreux résultats expérimentaux sur les propriétés des divers mésons et les conditions de leur mise en évidence furent rapportés par MM. Rainwater, Platt, Roberts, Reynolds, Schein, Ritson, Perkins, Segre, Fermi, Sachs, Walker, Schmitt et Lederman. L'ensemble de ces communications donne une vue d'ensemble de nos connaissances actuellement en pleine évolution sur les mésons et les supermésons.

G. PETIAU.

W. PARRISH et **B. W. IRWIN.** — **Data for X-Ray Analysis.** T. I. : **Charts for solution of Bragg's equation (d versus θ and 2 θ).**

W. PARRISH, M. G. EKSTEIN, B. W. IRWIN. — **Data for X-Ray Analysis.** T. II : **Tables for computing the lattice constant of cubic crystals.** — Philips Technical Library édit., 1953.

Sous le titre général de « **Data for X-Ray Analysis** », la Philips Technical Library se propose de publier une série de tables et diagrammes destinés à compléter les « **International Tables for X-Ray crystallography** » établies par l'Union Internationale de Cristallographie et les « **Charts for X-Ray crystallography** » établies par le British Institute of Physics.

Le premier volume de cette série, établi par W. Parrish et B. W. Irwin rassemble une série de 85 abaques donnant pour les raies K_{α} du molybdène, du cuivre, du cobalt, du fer et du chrome la solution graphique de l'équation de Bragg $n\,\lambda = 2\,d \sin\theta$ Chacun de ces abaques couvre pour un intervalle de 2,5° permettant la lecture directe à 0,01° près pour θ et à 0,01 Å près pour d sin θ est compris entre 3° et 18°, à 0,001 Å près pour des angles plus grands.

Le second volume établi par W. Parrish, M. G. Ekstein, B. K. Irwin rassemble une série de tables et de graphiques permettant le calcul de la constante de réseau des cristaux cubiques. Une première série de 5 tables donne les valeurs de $\overline{N}\,\lambda/2$ pour les raies K du cuivre, du nickel, du cobalt, du fer et du chrome. Les tables 6 et 7 donnent les valeurs des fonctions $\sin^2\theta$ et $\frac{1}{2}\left(\frac{\cos^2\theta}{\sin\theta} + \frac{\cos^2\theta}{\theta}\right)$ d'après Nelson et Riley. La table 8 et les graphiques suivants reproduisent la liste des constantes de réseau des cristaux cubiques pour 705 substances et les analyses de diagrammes de poudres établies par Frevel.

La clarté et la présentation de ces tables et abaques sont remarquables.

G. PETIAU.

G. PICKERT. — **Analytische Geometrie.** — Un vol. relié de 400 p. avec 76 fig., édité par Geest et Portig, Leipzig, 1953. Prix :

Exposé où l'Auteur a su concilier les nouvelles exigences du climat axiomatique avec les facilités à donner au lecteur pour lui permettre un travail fructueux, sans trop le rebuter. Bien entendu, comme il se fait de plus en plus, l'Auteur développe d'abord, à partir des points et des vecteurs, la géométrie affine ; il y greffe, en recourant au produit scalaire, la géométrie métrique. Il développe enfin la géométrie projective, et en précise

ensuite les relations avec les deux précédentes et en outre, avec les géométries non euclidiennes du type de Cayley c'est-à-dire attachées aux projectivités conservant une quadrique. En somme la tendance dominante, aujourd'hui très opportune, consiste à préparer une étude comparative des systèmes de géométrie.

G. BOULIGAND.

R. RAT et P. ROGER. — Lumière et Couleurs. — 140 pages, Eyrolles, Paris, 1953.

L'exposé des bases scientifiques des phénomènes de lumière et de couleur a fait déjà l'objet de nombreuses publications mais ces dernières ne s'adressent qu'à un public très restreint car elles supposent des connaissances scientifiques très poussées d'ailleurs nullement indispensables au praticien.

L'ouvrage de MM. Rat et Roger, tout en restant scientifique, vise surtout à préciser les bases physiques et chimiques des phénomènes lumineux et des sensations colorées. Faisant appel à des notions très élémentaires de géométrie et de calcul, illustré de schémas et de photographies, complétées par une planche en couleurs, ce travail est destiné en premier lieu aux professeurs de dessin. Mais comme le disent dans la préface MM. Brunold et Machard, il rendra également service « aux artistes, artisans d'art, peintres, décorateurs, en leur ouvrant des possibilités nouvelles, en éclairant et orientant leurs recherches, dans l'ordre de la décoration comme dans celui de la technique ».

M. PARODI.

ROMANOVSKY (V.), BOEUF (Cl. Francis), BOURCART (Jacques) (avec la collaboration de P. BOHE, J. Y. COUSTEAU, Jean FEUGA, Maurice GUIERRE, Jean PEYTEL). — La Mer. — Un vol. in-4°, format 21 × 30 cm., 500 pages, 800 héliogravures, 16 planches en couleurs, relié. Paris (Larousse éditeur), 1953. (Prix : 5.200)

Le globe terrestre est recouvert d'un immense océan d'où émergent quelques grandes îles, les continents, qui ne représentent que 28 % de la surface de la planète.

La mer a toujours attiré l'homme et les navigateurs n'ont pas craint de s'y risquer depuis des millénaires. Pourtant la connaissance du domaine marin est encore très imparfaite et cela tient à la difficulté de l'exploration scientifique d'un milieu qui est inaccessible à l'observation directe. L'exploration de la mer demande des techniques particulières, diverses et coûteuses.

La mer a des limites, des climats, des provinces, des mouvements propres, une flore et une faune, des fonds accidentés, des sédiments des volcans, des paysages, des ressources. Ses richesses sont exploitées par l'homme : sel, algues, poissons, pétrole du plateau continental, navigation, énergie thermique, etc... C'est le domaine immense de l'Océanographie et de toutes ses applications. C'est l'œuvre du XX[e] siècle.

Les petites profondeurs sont maintenant explorées directement par l'homme qui peut y circuler en scaphandre autonome (appareil de Cousteau) et prendre des photographies sous-marines. La carte des reliefs sous-marins est dressée grâce aux sondeurs aux ultra-sons, qui enregistrent directement le profil suivant le parcours d'un bateau. La nature des fonds ne fut longtemps connue que par quelques boues ou graviers, dragués avec difficulté ; maintenant les carottages sous-marins remontent plus de 15 mètres de sédiments permettant d'étudier la succession des dépôts et des climats depuis un million d'années. Les faunes et les flores sont recueillies et étudiées. Le travail est commencé, mais il est loin d'être achevé.

Les éditions Larousse apportent une contribution importante en publiant l'ouvrage que nous présentons ici et dont voici les principaux chapitres :

Croyances et légendes, histoire de l'Océanographie, côtes et fonds marins, l'eau de mer, l'exploration sous-marine, la mer et l'atmosphère, les mouvements de la mer, la marine, la vie dans la mer et sur les fonds marins, les dépôts marins, la protection des côtes et des ports.

C'est un bilan de la découverte de la mer, présenté sous tous ses aspects, écrit simplement, par des auteurs qui connaissent leur sujet. Cette façon très nouvelle d'exposer les problèmes de la mer est due à une équipe de savants et de sportifs connus de tout le monde : MM. Jacques Bourcart, le regretté Cl. Francis Bœuf et V. Romanovsky, P. Bohé (professeur à l'Ecole de la Marine Marchande), J. Y. Cousteau (capitaine de corvette), Jean Feuga, Maurice Guierre (capitaine de vaisseau) ; Jean Peytel (vice-président de la Sté de Yachting à voile). Pour la première fois, le problème a pu être traité sous tous ses aspects. Ces textes passionnants sont illustrés d'une manière étonnante, utilisant les archives photographiques du monde entier. Toutes les photographies sont belles et quelques-unes sensationnelles (les bactériophages grossis 45.000 fois, l'épave du « Lusitania » repérée par l'écho-sondeur, le paysage sous-marin photographié à 2.000 mètres de profondeur au large des côtes de Floride, etc...).

On peut être reconnaissant aux auteurs et aux éditeurs d'un si beau livre, d'autant plus que la France ignore officiellement la mer, qu'il n'existe chez nous aucun enseignement régulier, aucune formation technique, dans aucune université... Quelques efforts sont faits de temps à autre sous l'impulsion de quelques animateurs (parmi lesquels le professeur Bourcart), mais les crédits restent rares. La mission chargée d'étudier à grands frais les Iles Kerguelen ne dispose d'aucun bateau depuis trois ans.

Nous sommes certains que la seule lecture de ce livre sur la mer, éveillera de nouvelles vocations, ce qui sera la plus belle récompense des auteurs.

R. FURON.

SAUVAGE, Ch. et VINDT, J. — Flore du Maroc, analytique, descriptive et illustrée (Dessins de R. De Brettes). Spermatophytes. Fasc. I. — Direct. de l'Instr. Publique au Maroc, Travaux de l'Inst. Scientifique Chérifien, n° 4. — Imprimé à Tanger, 1952, XXIX + 43 fig., 1 carte.

Jusqu'ici, il n'existait qu'un seul travail d'ensemble sur les plantes du Maroc : le catalogue (3 vol.) que E. Jahandiez et R. Maire publièrent de 1931 à 1934. Depuis sa parution, les nombreuses notes floristiques relatives à cette région ne furent pas coordonnées : la nécessité d'une **flore du Maroc** s'imposait impérieusement. Les auteurs demandent qu'on leur adresse critiques et suggestions et s'excusent de bousculer quelque peu l'ordre systématique : ne commencent-ils pas par les Ericales ? S'ils indiquent, pour certaines espèces, une distribution plus restreinte que celle du catalogue, c'est qu'ils n'ont pu contrôler les indications antérieures... Les biogéographes devront tenir compte des divisions géographiques reportées sur la carte d'après une esquisse d'H. del Villar ; la correspondance approximative avec les divisions géographiques du catalogue est mentionnée p. XXIX. Signalons le souci des auteurs de débarrasser les clés analytiques des « impossibilités irritantes qui les parsèment souvent » et celui d'éviter les « mauvaises interprétations » par l'insertion de très nombreux dessins de détails morphologiques (ex. : épillet **d'Armeria,** p. 32, de **Limonium** p. 46, couronnes staminales d'Asclépiadacées) ou de port (ex. : sous-espèces de **Centaurium pulchellum,** p. 105). Les genres **Erica** et **Limonium** sont pourvus de deux clés analytiques. Le type biologique est indiqué pour chaque espèce. Souhaitons vivement que les fascicules suivants puissent paraître avec une présentation aussi soignée que celui-ci où s'allient rigueur scientifique et concision.

Paul JOVET.

R. WYLIE. — Advanced Engineering Mathematics. — Un vol. cart., 640 p. 14 × 23, avec fig. Mc Graw-Hill, New-York, 1951. Prix : 7,50 dollars.

Excellent guide qui conduit, d'une manière précise et simple, aux connaissances mathématiques pratiquement nécessaires à l'ingénieur. Si l'on met à part les rappels concernant des questions assez courantes, l'intérêt se porte de lui-même vers les substantiels exposés donnés au sujet des séries et intégrales de Fourier, en montrant leurs relations avec l'intégrale donnant la transformation de Laplace, et préparant, aux fins de certains problèmes aux dérivées partielles, des développements ultérieurs sur les systèmes orthogonaux de fonctions. On est ainsi conduit, dans les conditions les plus naturelles, à faire une étude approfondie de la transformation de Laplace, mise à la base du calcul opérationnel. Comme il l'avait fait au départ pour les équations différentielles ordinaires, instrument indispensable aux applications dynamiques et à l'étude des circuits électriques, l'auteur présente dans un esprit très concret les problèmes aux limites s'offrant avec les équations linéaires aux dérivées partielles, en montrant à ce propos l'utilité des divers instruments qui précèdent. La théorie des fonctions de Bessel s'en présente alors comme une application naturelle. Et l'on apprécie au mieux à ce tournant, l'utilité d'une théorie générale des fonctions d'une variable complexe, renforcée par le calcul des résidus, et de plus solidaire de la représentation conforme, laquelle vient étayer d'importants problèmes de mécanique des fluides. Cette suite d'enchaînements des plus éducatifs rend, à pareille étape, le lecteur tout à fait à même d'aborder un chapitre important sur l'analyse vectorielle et ses applications. Enfin, sous le titre **Analyse numérique**, l'auteur a traité en détail des méthodes de calcul permettant la résolution approchée des équations, en poussant la chose assez loin pour y englober les progrès résultant des recherches de Stodola. Ce qu'il y a d'essentiel sur les déterminants et les matrices figure, sous forme concise, dans l'Appendice de l'ouvrage. Nous pensons que ce livre est très vite efficace pour un lecteur cherchant à le consulter et usant, à cette fin, de l'index et du glossaire mis à sa disposition dans les dernières pages ; cette efficacité s'affirmera plus encore pour qui voudra s'astreindre, ayant repensé les solutions des exercices les plus typiques, données in-extenso, à en traiter les variantes, dont les énoncés suivent, accompagnés de leurs réponses.

J. BOULIGAND.

Robert C. YATES. — Differential equations. — Un vol. cartonné de 215 p. 16 × 23. Graw Hill Book Company, New-York 1953. Prix : 3 dollars, 75.

Voici un livre des plus stimulants, dont le principal souci est d'inviter l'étudiant à regarder d'abord l'aspect géométrique et l'aspect physique de la question étudiée. Après avoir présenté les méthodes usuelles concernant à côté de la réduction aux quadatures, divers cas typiques, tel celui des équations linéaires, ainsi que le recours à l'algèbre des opérateurs ou à des méthodes de développements et d'approximations numériques, l'auteur oriente son lecteur vers les thèmes d'actualité intéressant au maximum l'ingénieur, en les appliquant à diverses fins, et entre autres, à des exemples simples d'équations aux dérivées partielles et à l'analyse harmonique. L'attrait de figures très opportunes et la clarté de l'exposé appellent l'ouvrage à rendre d'éminents services.

G. BOULIGAND.

V. Z. ZWORYKIN et E. G. RAMBERG. — La photoélectricité et ses applications. Traduit par H. Aberdam. — Un vol. XII-464 p. 16 × 25, 389 fig. 1953. Dunod Edit. Prix : 4.250 francs.

Cet ouvrage (traduction de Photoelectricity and its applications 1949, J. Wiley et Sons N. Y.) donne une vue d'ensemble très complète sur les propriétés, la construction, le montage et l'emploi des appareils utilisant les effets photoélectriques.

La première partie (onze chapitres) examine les principes et les réalisations des appareils photoélectriques. Après un rappel historique sur la découverte des effets photoélectriques, puis une vue d'ensemble sur la théorie de ces effets, les auteurs étudient successivement les propriétés des surfaces photoémissives, les matériaux et appareils servant à la fabrication des cellules photoémissives, les méthodes générales de fabrication, et les différents types de cellules : cellules à vide, cellules à gaz, multiplicateurs d'électrons, tubes à images, cellules photoconductrices, cellules photovoltaïques.

La seconde partie de l'ouvrage (9 chapitres) est consacrée à l'examen des conditions d'emploi et des appareillages utilisant les effets photoélectriques : étude des circuits relatifs aux cellules photoémissives et amplification de leurs courants, mesure des courants photoélectriques faibles, appareils de mesure photoélectriques, utilisation des cellules photoélectriques dans les appareillages de reproduction des sons, utilisation des cellules dans la transmission des images, description de quelques types de tubes de prise de vues photosensibles en télévision, utilisation dans la signalisation par faisceau lumineux et dans la détection de l'infrarouge, applications industrielles et scientifiques divers, rôle probable des cellules photoélectriques dans l'avenir et vues sur les progrès techniques en cours de réalisation.

G. PETIAU.

Fluid dynamics. — Vol. IV des Proceedings of symposia in applied mathematics. — Un vol. relié de 186 p. Mc Graw-Hill, New-York 1953 (Prix : 52 sh., 6 d).

Ensemble d'exposés dont chacun constitue, sur un sujet délimité, une excellente mise au point. Comme on le sait, la théorie statistique de la turbulence est l'un des grands soucis actuels des hydrodynamiciens, dont les travaux sur ce sujet se répercutent en matière de télécommunications. La dite théorie statistique est ici présentée en deux articles séparés de S. Chandrasekhar et C. C. Lin.

Les écoulements supersoniques, où la méthode des singularités du cas d'incompressibilité garde parfois ses droits, ce que montre A. Weinstein, ont donné lieu à des études de A. Busemann, T. Y. Thomas, M. H. Martin et W. R. Thickstun. Cela sans détriment d'une étude concernant les vitesses avoisinant celles du son (G. F. Carrier et K. T. Yen).

Les aspects plus classiques de la dynamique des fluides n'ont pas été négligés. Témoin l'article consacré par G. Birkhoff, D. M. Young et E. H. Zerantonello aux méthodes numériques pour la représentation conforme. La question des ondes de gravité est reprise par A. E. Heins, celle des écoulements visqueux dans des tubes à section variable est approfondie par J. L. Synge, tandis que J. M. Burgers s'attaque à la propagation non uniforme des ondes de choc (cas des ondes planes).

Ce riche recueil ne manquera pas de stimuler de nouveaux efforts de recherche et de synthèse.

G. BOULIGAND.

Transactions of the IX th International Congress of Entomology. — Volume I, Amsterdam, Déc. 1952.

Ce gros volume de 1.115 pages, illustrés de nombreuses figures et de plusieurs planches hors-texte, représente la publication des travaux du Congrès d'Entomologie, qui s'est tenu à Amsterdam du 17 au 24 août 1951. On y trouve les textes de plus de 250 communications intéressant toutes les branches de l'Entomologie ; à propos de chacune de ces communications, les discussions qui ont suivi sont également publiées. Selon leur objet les communications ont été réparties en 14 sections : Systématique et Morphologie - Nomenclature - Génétique et Ontogénie - Physiologie - Ethologie - Ecologie et Biologie - Zoogéographie - Entomologie agricole et Apiculture - Entomologie forestière - Entomologie agricole tropicale - Entomologie des produits emmagasinés - Entomologie médicale et vétérinaire - Insecticides et méthodes de lutte - Arachnides.

L'ensemble de ces communications apporte un très grand nombre de faits nouveaux, et donne une idée des progrès tout récemment accomplis dans la connaissance du monde des Insectes.

J. CARAYON.

LES LIVRES REÇUS (Suite)

MORSE (Philippe M.) et FESHBACH (Herman). — Methods of theoritical Physics, Part. I et Part. II (Mc Graw Hill Book C°, Londres) 112/6 chaque volume.

NORTHROP (E. P.). — Fantaisies et paradoxes mathématiques (Dunod, Paris). 880 francs.

PASCAL (Paul). — Chimie générale. Tome IV : Application de la théorie des ions. Systèmes dispersés (Masson et Cie, Paris). 2.200 francs.

PINCEMAILLE (F.). — Nomogrammes à alignement et fonction de deux variables indépendantes (Eyrolles, Paris).

PLACE (Y.). — Cours sur les ondes ultra-courtes (Eyrolles, Paris). 1.300 fr.

RIBEIRO DA CUNHA (Octavio A.). — Confrontation entre la mécanique rationnelle et la théorie de la relativité restreinte (Gauthier-Villars, Paris). 1.750 francs.

SOYER (Robert). — Géologie de Paris (Service de la Carte géologique de France).

STOYKO (M. N.) et DUBOIS (Mme P.). — Deuxième opération internationale des Longitudes (Bureau de l'Ass. Int. de Géodésie).

STETSON (R. H.). — Motor phonetics. A Study of speech movement in action (North Holland Publishing C°).

TATON (René). — Le Calcul mental (Coll. « Que sais-je ? », P. U. F., Paris).

VASSY (Mme). — Fondements théoriques de la photographie (Ed. de la Revue d'Optique).

VERDUN (M.). — Le Caractère et ses corrélations. Tome II : Caractère, milieu, constitution, tempérament, personnalité (Baillière, Paris).

VIARD (Dr Marcel). — Le vœu suprême de Socrate ou la Connaissance de soi-même et des autres (Vigot, Paris). 600 francs.

VERMOT-GAUCHY. — Le vol à voile (Coll. « Que sais-je ? », P. U. F., Paris).

WESTERLUND (Bengt.). — Luminosity effects and colour-equivalents as measured in short Stellar Spectra (Almqvist et Wiksells, Stockolm).

Annales de l'Institut de Physique du Globe, tome XXVI.

Léonard de Vincy et l'Expérience scientifique au XVI[e] siècle (C. N. R. S. et Presses Universitaires, Paris). 1.500 francs.

Neuvième Conseil de Chimie. Les Protéines (Stoops, Bruxelles).

Questions Scientifiques : I. Physique (500 fr.), **2. Chimie** (700 fr.), **3. Biologie** (900 fr.).

Semaine d'Etude de la Physique des Métaux (Ed. Métaux, St-Germain-en-Laye) 200 fr.

Les méthodes formelles en axiomatique (Colloques Int. du C.N.R.S.) 600 fr.

Un pionnier de la Physiologie : Léon Frédéricq (Masson et Cie, Paris) 1.345 fr.

Vie et Milieu, tome III, fasc. 3 (Hermann et Cie, Paris).



REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ATOMES, n° 93, décembre 1953.

Oui, le rapport Kinsey sur le comportement sexuel de la femme est bien un ouvrage scientifique. — **André MAYER :** La situation alimentaire dans le monde. — **P. MESNAGE :** L'Horlogerie électroniqque. — **H. BETHE :** Quelles sont les forces qui assurent la stabilité du noyau — La Mésomérie.

LA NATURE, n° 3224, décembre 1953.

A. VANDEL : Le Laboratoire souterrain du C. N. R. S. à Moulis (Ariège). — **A. MOYSE :** La synthèse dans la vie des plantes. 3. La synthèse des protéines. — **J. TERRIEN :** Récepteurs de lumière et de rayonnement. 2. Couples thermoélectriques et autres récepteurs thermiques. — **P. DEVAUX :** La cheminée en forme d'aile évite le rabattement des fumées sur les navires. — **A. BRETON :** Le nilomètre de l'île de Rodah. — **F. TROMBE :** Le cérium, métal inflammable et compressible. — **J. C. F. :** L'Elevage du Vison. — **L. BERLAND :** Fort-Gouraud et sa montagne noire.

ENDEAVOUR, vol. XII, n° 48.

Un centenaire en stéréochimie. — **F. CHALLENGER :** Rôle biologique des dérivés organiques du soufre. — **F. W. GIBBS :** George Wilson (1631-1711). — **J. BERLIOZ :** Les trochilidés ou colibris. — **M. W. CHIPLONKAR :** Les formes d'ondes atmosphériques. — **Ch. SINGER :** Les premières découvertes du microscope. — **F. L. C. BARANYOVITS :** Quelques aspects de la biologie des Cochenilles. — **L. A. SAYCE :** Fabrication des réseaux à diffraction.

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon . — 3129 1-54.
Dépôt légal 1er trimestre 1954 : n° 5465. Le Gérant : R. CONSTANS.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

contenues dans le tome LX de la R. G. S.

I. - CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

II. - ARTICLES ORIGINAUX

Mathématiques et Astronomie

Sciences Physiques

Sciences Biologiques

Géologie

Histoire des Sciences

Etudes diverses ou mixtes

III. - BIBLIOGRAPHIE
TABLE ANALYTIQUE DES AUTEURS

Note de la Rédaction. — Désireux de réduire au minimum la place occupée par les tables, nous nous sommes contentés d'indiquer ci-dessous les noms des auteurs dont les ouvrages ont été analysés dans le tome LX.

A

B